

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Комплексный научно-исследовательский институт
имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

На правах рукописи



Батаева Яха Денаевна

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА**

2.1.14 - Управление жизненным циклом объектов строительства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Шеина С.Г.

Грозный – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ	17
1.1. Обзор отечественного и зарубежного опыта управления жизненным циклом объектов строительства.....	18
1.2. Классификация памятников истории и культуры башенного типа	24
1.3. Анализ организации и производства работ по сохранению памятников истории и культуры по основным этапам их жизненного цикла	36
1.4. Анализ нормативных документов, регламентирующих жизненные циклы памятников истории и культуры.....	43
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	50
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА.....	52
2.1. Концептуальные положения повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры.....	53
2.2. Методологические основы оценки технического состояния	66
2.2.1. Физическое старение объектов культурного наследия	66
2.2.2. Моральное старение объектов культурного наследия	75
2.3. Методологический подход к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников истории и культуры	78
2.4. Мониторинг технического состояния памятников истории и культуры на этапах жизненного цикла	84
2.5. Научно-техническая и проектная подготовка работ по повышению устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия	95
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2.....	108
Глава 3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	110
3.1. Общие требования к обеспечению надежности памятников истории и культуры	111
3.1.1. Особенности теории надежности объектов культурного наследия	111
3.1.2. Обеспечение надежности на этапе проектирования жизненного цикла	122
3.1.3. Обеспечение надежности на этапах ремонта, реставрации и реконструкции	131

3.1.4. Обеспечение надежности на этапе эксплуатации.....	138
3.2. Оценка показателей надежности на основных этапах жизненного цикла	146
3.2.1. Основные показатели надежности памятника истории и культуры	146
3.2.2. Методология установления критериев отказов и предельных состояний.....	153
3.3. Методика расчета показателей надежности	160
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	167
Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НА ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ	170
4.1. Моделирование невозстанавливаемых и невозсоздаваемых памятников истории и культуры	170
4.2. Моделирование ремонтируемых, восстанавливаемых, реставрируемых и реконструируемых памятников истории и культуры	178
4.3. Специальные показатели расчета надежности	188
4.4. Повышение надежности и устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры	194
4.4.1. Универсальные сотовые строительные леса	194
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	206
Глава 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТОК.....	208
5.1. Нормативно-техническая документация.....	208
5.2. Внедрение научно-технических и технологических разработок в практику.....	211
5.3. Расчет экономического эффекта от внедрения сухой реставрационной смеси и строительного раствора на основе каустического доломита.....	212
5.4. Концепция сохранения объектов культурного наследия СКФО	218
5.5. Экономическая оценка повышения долговечности памятников истории и культуры	223
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	227
ЛИТЕРАТУРА.....	231
ПРИЛОЖЕНИЯ	250

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. С точки зрения исследования устойчивости жизненного цикла интересным является старение объектов культурного наследия (ОКН), в частности памятников истории и культуры башенного типа, которых в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) насчитывается более десяти тысяч. Старение фонда памятников истории и культуры башенного типа усугубляется недостаточно качественным и несвоевременным их восстановлением, ремонтом, реставрацией, реконструкцией и консервацией. Это, в свою очередь, диктует необходимость разработки научно-обоснованных комплексных методов оценки устойчивости и надежности функционирования памятников истории и культуры на всех этапах жизненного цикла.

Выполненный анализ работ отечественных и зарубежных исследователей в области управления жизненным циклом объектов строительства, включая объекты культурного наследия [1-9, 12, 14, 17, 19, 47, 50, 59, 62, 84, 85, 91, 98-101, 103, 108-113, 119-121, 126, 127, 138-140, 143], показал, что существенным недостатком действующих систем организации и управления технико-технологическими процессами при работе с башенными памятниками истории и культуры можно считать слабую теоретическую проработку и обоснованность методологического и системного подхода к управлению их полным жизненным циклом. Этот подход должен охватывать все этапы, начиная от:

- комплексных изысканий (инженерно-технических, геологических, географических, археологических);
- разработки проектной и научной документации с инвестиционным обоснованием;
- ремонта, восстановления, реконструкции, консервации, реставрации (отдельных объектов и ансамблей);
- приспособления к современным функциям;
- воссоздания утраченных объектов;

- заканчивая модернизацией, капремонтом, сносом, выводом из эксплуатации и утилизацией.

Особенно остро стоит вопрос о недостаточной разработанности теоретических, методических и методологических основ самого управления жизненным циклом. Недостаточно исследованы механизмы проектирования соответствующих организационно-технологических структур, оптимизации процессов ремонтно-восстановительных, реставрационных и реконструктивных работ, а также построения эффективных систем управления ими. Актуальной задачей остается корректная постановка и решение задач организационного и математического моделирования для оценки надежности объектов культурного наследия и ансамблей на протяжении основных фаз их жизненного цикла. Необходимо также отметить, что недостаточно проработан и механизм методологического подхода к оценке надежности функционирования памятников истории и культуры башенного типа на основных этапах жизненного цикла. Имеющиеся на несущих конструкциях памятниках истории и культуры повреждения и дефекты достигают критические значения и могут привести к значительному материальному ущербу и социальным потерям, что предполагает установку правил нормативно-методического обеспечения надежности памятников истории на всех этапах жизненного цикла.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью разработки теоретического и методического подходов к управлению жизненным циклом объектов культурного наследия, методологического подхода к оценке надежности и математического моделирования показателей надежности обозначенных объектов на основных этапах их жизненного цикла.

Степень разработанности темы исследования. В течение длительного периода – как в советскую эпоху, так и в Российской Федерации – проводились исследования в области управления жизненным циклом строительных объектов, оценки инвестиционной эффективности, мониторинга, а также

планирования и прогнозирования структуры строительства, реконструкции, модернизации и технического обслуживания зданий и сооружений.

Данные проблемы рассмотрены в трудах отечественных и зарубежных ученых, таких как А.Н. Асаул, В.А. Афанасьев, А.А. Афанасьев, Г.А. Айрапетов, Г.М. Арский, Р. Акофф, Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, Д. Бауэрсокс, М.М. Батдалов, В.С. Боголюбов, М.Д. Бойко, Э.Я. Бубес, В.В. Бузырев, С. Бир, А.Н. Бесколыльный, М.С. Будников, В.М. Васильев, А.А. Гусаков, Е.А. Гусакова, А.В. Гинзбург, П.Г. Грабовый, С.А. Думлер, Н.Е. Егорова, И.Ю. Зильберова, Б.А. Крылов, Е.С. Король, П.Н. Курочка, В.Ф. Касьянов, Д. Клосс, О.П. Коробейников, А.А. Лapidус, Р.В. Михалко, С.Н. Максимов, Б.С. Мовчан, В.Я. Мищенко, С.-А. Ю. Муртазаев, С.И. Меркулов, Л.Б. Миротина, А.М. Немчин, Г.В. Несветаев, С.А. Обозов, Н. Ордуэй, Ю.П. Панибратов, Е.В. Песоцкая, Е.В. Поляков, Р. Поляковский, Г.А. Порывай, В.А. Пушкарь, В.А. Рогонский, А.Н. Ройтман, Д.С. Самойлов, В.М. Серов, Е.Б. Смирнов, М.Г. Смоленская, Р. Страйк, Н.Л. Тарануха, В.В. Томилов, Д. Фридман, Д. Форрестер, С.Р. Хачатрян, Е.В. Углова, В.С. Чекалин, Л.М. Чистов, Т.Н. Цай, К.А. Шрейбер, М.С. Шумилов, С.Г. Шеина, А.Ф. Шкляр и др.

Существенный вклад в исследование проблем строительства, ремонта, восстановления и реконструкции зданий и сооружений, включая памятники истории и культуры, в сложных сейсмических и инженерно-геологических условиях внесли В.И. Осипов, Ю.Н. Мурзенко, З.Г. Термартirosян, Х.Н. Мажиев, Л.Р. Маилян, Д.Р. Маилян, П.Д. Батаева, В.И. Беспалов, В.М. Кутепов, Я.Д. Гильман, К.А. Меркулова, Р. Катценбах, А. Вейде, Х. Рамм, Г. Гудехаус, Х. Квик, и др.

Однако все еще нерешенными остаются проблемы, связанные с изменениями подходов к повышению устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, что выдвигает на передний план новые задачи по:

-разработке теоретических и методических подходов к управлению жизненным циклом памятников истории и культуры;

-разработке методологических подходов к оценке надежности функционирования памятников истории и культуры на основных этапах жизненного цикла;

-математическому моделированию показателей надежности на основных этапах жизненного цикла объектов культурного наследия.

Работа выполнена в соответствии с государственной программой РФ «Развития культуры и туризма» на 2020-2030 годы, Стратегией социально-экономического развития СКФО до 2030 года, Указом Президента РФ В.В. Путина № 745 от 30 декабря 2021 года «О проведении в РФ года культурного наследия народов России» и в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «ГГНТУ им акад. М.Д. Миллионщикова» FZNU-2024-0003 «Разработка комплекса низкоуглеродных технологий повышения продуктивности и секвестрационного потенциала экосистемы на урбанизированных территориях с получением вторичных композиционных материалов полифункционального назначения».

Целью диссертационного исследования является повышение устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа на основных этапах их функционирования.

Для достижения цели исследования поставлены и решены следующие задачи:

- обзор отечественного и зарубежного опыта управления жизненным циклом памятников истории и культуры;

- классификация памятников истории и культуры башенного типа;

- анализ организации и производства работ по сохранению памятников истории и культуры по основным этапам их жизненного цикла;

- анализ нормативных документов, регламентирующих жизненные циклы памятников истории и культуры;

- разработка концептуальных положений повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры;
- разработка методологических основ оценки технического состояния;
- разработка методологического подхода к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников истории и культуры;
- мониторинг технического состояния памятников истории и культуры на этапах жизненного цикла;
- научно-техническая и проектная подготовка работ по повышению устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры;
- определение общих требований к обеспечению надежности памятников истории и культуры;
- оценка показателей надежности памятников истории и культуры на основных этапах их жизненного цикла;
- разработка методики расчета показателей надежности;
- моделирование невозстанавливаемых и невозсоздаваемых памятников истории и культуры;
- моделирование ремонтируемых, восстанавливаемых, реставрируемых и реконструируемых памятников истории и культуры;
- практическое внедрение научно-технических разработок и апробация предложенных решений.

Объектом диссертационной работы являются памятники истории и культуры башенного типа в управлении их жизненным циклом на основных этапах.

Предметом диссертационной работы является устойчивость и надежность функционирования памятников истории и культуры башенного типа на этапах ремонта, реставрации, реконструкции, воссоздания, модернизации, эксплуатации, вывода из эксплуатации, сноса и утилизации.

Научно-техническая гипотеза заключается в разработке теоретического, методического и методологического подходов для повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры

башенного типа за счет оценки, расчета и моделирования их показателей надежности на основных этапах.

Методология и методы исследования. В работе использованы методы аналитических исследований и научных обобщений, экспертных оценок, математического моделирования процессов, теории вероятности и математической статистики и системного анализа.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- выполнена классификация памятников истории и культуры башенного типа и разработаны концептуальные положения повышения устойчивости их жизненного цикла на основных этапах функционирования;
- разработаны методологические принципы оценки технического состояния и подходы к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников истории и культуры;
- установлены и оценены критерии отказов и предельных состояний памятников истории и культуры на основных этапах жизненного цикла
- разработан методологический подход к оценке надежности функционирования памятников истории и культуры башенного типа на основных этапах жизненного цикла;
- выполнено математическое моделирование показателей надежности на основных этапах жизненного цикла памятников истории и культуры.

Теоретическая значимость состоит в реализации теоретического, методического и методологического подходов к повышению устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа на основных этапах функционирования посредством предложенных автором методологий, методик, моделей и алгоритмов.

Практическая значимость исследования заключается в совокупности теоретических предпосылок, методологических и методических положений, позволяющих:

-повысить устойчивость жизненного цикла объектов культурного наследия башенного типа, надежность их функционирования на основных этапах жизненного цикла;

-эффективно и рационально расходовать средства, выделяемые на ремонтно-восстановительные и реставрационно-реконструктивные мероприятия;

-повысить эффективность организационных, технических и технологических решений на всех этапах жизненного цикла;

-повысить надежность и устойчивость жизненного цикла памятников истории и культуры за счет применения универсальных сотовых строительных лесов и ремонтно-реставрационного состава на основе каустического доломита;

-применить разработанные методики при формировании стратегических направлений по ремонту, восстановлению, реставрации, реконструкции и модернизации памятников истории и культуры башенного типа с учетом повышения устойчивости их жизненного цикла.

Положения диссертационного исследования, выносимые на защиту:

- обзор отечественного и зарубежного опыта управления жизненным циклом памятников истории и культуры и классификация памятников истории и культуры башенного типа;

- анализ организации и производства работ по сохранению памятников истории и культуры и нормативных документов, регламентирующих их жизненные циклы;

- концептуальные положения повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры;

- методологические основы оценки технического состояния и методологический подход к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников истории и культуры;

- мониторинг технического состояния памятников истории и культуры на этапах жизненного цикла;

- научно-техническая и проектная подготовка работ по повышению устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры;
- общие требования к обеспечению надежности и оценка показателей надежности памятников истории и культуры на основных этапах их жизненного цикла;
- методика расчета показателей надежности и моделирование невосстанавливаемых, невоссоздаваемых, ремонтируемых, восстанавливаемых, реставрируемых и реконструируемых памятников истории и культуры;
- практическое внедрение научно-технических разработок и апробация предложенных решений.

Степень достоверности. Достоверность и обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов работы подтверждены исследованиями, выполненными с применением современных методов и технических средств, а также практическими результатами внедрения теоретических положений и сопоставлением с данными других авторов.

Достоверность результатов работы подтверждена также патентами РФ и положительным внедрением на ряде предприятий строительного комплекса.

Внедрение результатов исследований. Результаты исследования внедрены в производственную деятельность ООО «Комплекс» и ООО «Восход-4т». Разработанные методики и алгоритмы внедрены в образовательный процесс в Грозненском государственном нефтяном техническом университете им. акад. М.Д. Миллионщикова при ведении специальных курсов по направлению «Строительство» - профили «Промышленное и гражданское строительство» и «Экспертиза и управление недвижимостью».

По результатам исследований разработана технологическая карта (ТК), включающая:

- усиление перемычек над проемами в каменных стенах при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия;

- усиление каменных простенков при ремонте, реставрации и реконструкции памятников истории и культуры башенного типа;
- ремонт отдельных участков каменных стен памятников истории и культуры;
- разборку каменных стен и перегородок при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия.

Разработанная технологическая карта (ТК) позволит повысить долговечность памятников истории и культуры башенного типа. Получен один патент на изобретение (Приложение 1).

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения диссертационных разработок – 8,5 млн. рублей.

Апробация работы. Основные результаты и научные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных, всероссийских, региональных и республиканских научных, научно-технических и научно-практических конгрессах, симпозиумах, конференциях, совещаниях, конкурсах и семинарах, в том числе:

- IV Международная конференция «Кавказ на стыке Европы и Азии: проблемы сохранения историко-культурного наследия и реставрация уникальных объектов в Северо-Кавказском федеральном округе»;
- IX Международная конференция «Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии», посвященная 75 – летию д.ф.-м.н, проф. В.Б. Заалашвили , г. Владикавказ, 2024 г.;
- заседание Северо-Кавказского отделения МАНЭБ, тема «Технологии и материалы для ремонта, воссоздания и реставрации объектов культурного наследия.» г. Владикавказ, 2024 г.;
- IV Международный научный конгресс «Современная наука, человек и цивилизация», посвящённый 90-летию доктора химических наук, профессора Хамзата Исмаиловича Ибрагимова, г. Грозный, 2024 г.;
- Республиканский конкурс «НТТМ-2024» на базе ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, 2024 г.;

- III Международная научно-практическая конференция «Современные строительные материалы, технологии и конструкции», г. Грозный, 25-27 сентября 2024 г.;

- VII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2024», проведенная в рамках реализации, г. Грозный, 2024 г.;

- Международная научно-практическая конференция «Белые ночи-2024», г. Владикавказ, 2024 г.;

- V Международная научно-практическая конференция «Образование будущего», г. Грозный, 2024 г.;

- XIII Всероссийская научно-практическая конференция «МОЛОДЕЖЬ, НАУКА, ИННОВАЦИИ», ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, 2024 г.;

- III Международная научно-практическая конференция «Современные строительные материалы, технологии и конструкции», ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, 9-11 октября 2024 г.

- Всероссийская научная конференция «Актуальные проблемы социально – экономического развития регионов Юга России», посвященная 80-летию победы в Великой Отечественной войне, г. Грозный, 2025 г.

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 32 печатных работах, среди них 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 2 научные монографии, 3 коллективные монографии и 1 патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, основную часть, состоящую из 5-ти глав, основные выводы и список использованной литературы. Работа содержит 258 страниц машинописного текста, 95 рисунков, 17 таблиц, список литературы из 188 наименований и 6 приложений.

Проведенные исследования позволили построить методологическую схему диссертационного исследования, представленную на рисунке 0.1.



Рисунок 0.1 – Методологическая схема диссертационного исследования

Содержание диссертации соответствует пп. 1, 2, 3, 7, и 8 Паспорта специальности 2.1.14 «Управление жизненным циклом объектов строительства»:

1. Теоретические, методологические и системотехнические подходы к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства, включая этапы обоснования инвестиций, инженерных изысканий, архитектурно-строительного и организационно-технологического проектирования, строительства (в том числе консервации), эксплуатации (в том числе текущих ремонтов), реконструкции, модернизации, капитального ремонта, реставрации, вывода из эксплуатации, сноса и утилизации объекта.

2. Теоретические, методологические и системотехнические подходы к проектированию организационных структур предприятий, организации производственных процессов и систем управления ими, формализация и постановка задач организационного, информационного и математического моделирования строительных систем с целью эффективного управления объектами капитального строительства и их комплексами на всех этапах их жизненного цикла.

3. Исследование и формирование методов разработки, видов обеспечения, критериев, моделей описания и оценки эффективности решения задач управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологий информационного и математического моделирования, системного анализа, автоматизации и оптимизации принятия решений.

4. Разработка методов и средств организации и управления жизненным циклом объектов капитального строительства в условиях ограничения доступности ресурсов, а также технических, экономических, экологических, социальных и других видов рисков. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности строительных систем, поддержка принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.

5. Теоретические и методологические подходы к разработке организационных форм управления в строительстве, надежности, устойчивости и конкурентоспособности организационных структур: их моделирование, проектирование и оптимизация, включая управление персоналом и эффективность форм организации труда на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства. Разработка научных и методологических подходов к обучению и подготовке кадров для всех этапов жизненного цикла объектов капитального строительства.

Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Определяющее значение для выверки направления и тематики исследования имеет анализ состояния проблемы, который складывается из литературного обзора теоретических исследований отечественных и зарубежных учёных и обзора отечественного и зарубежного опыта, как практического, так и научно-технического.

Выполненный обзор и анализ отечественных и зарубежных исследований и практических результатов внедрения разработок по управлению жизненным циклом объектов строительства, включая объекты культурного наследия [94-96, 133-137, 148-151, 156-188], позволили выполнить классификацию памятников истории и культуры (объектов культурного наследия (ОКН)), в том числе памятников башенного типа.

Анализ основных этапов жизненного цикла памятников истории и культуры складывается из трех обособленных этапов, представленных на рисунке 1.1.

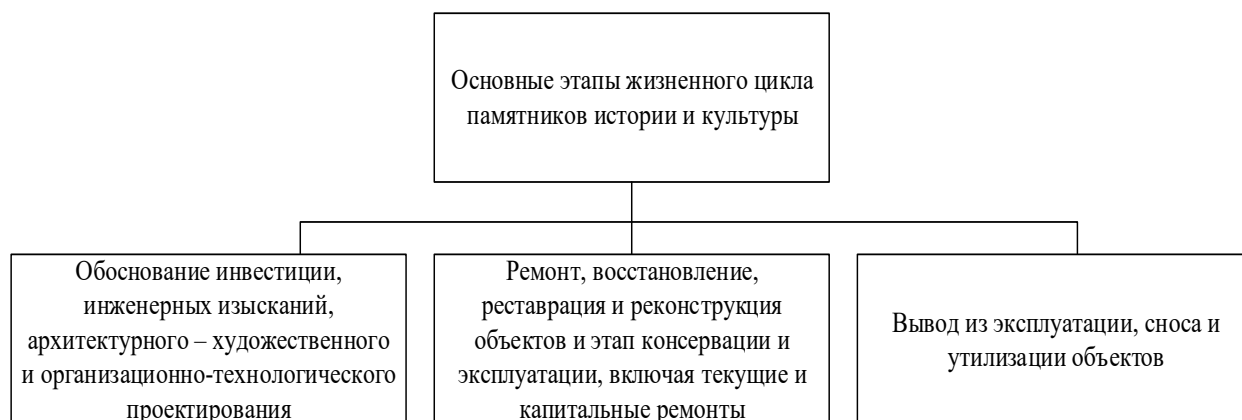


Рисунок 1.1 – Основные этапы жизненного цикла памятников истории и культуры

Цель анализа нормативно-правовых актов заключается в выявлении отношений в области охраны памятников истории и культуры, а также в исследовании механизма регулирования этих отношений. Это необходимо для создания многоуровневой системы, направленной на сохранение, использование, популяризацию и государственную охрану объектов культурного наследия.

1.1. Обзор отечественного и зарубежного опыта управления жизненным циклом объектов строительства

Целью настоящего обзора является изучение опыта отечественных и зарубежных исследователей в области управления жизненным циклом объектов, как таковых, для применения его в реализации задач настоящего исследования в части обоснования подходов методик и методологий повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, как самых уязвимых из объектов культурного наследия.

Вопросы формирования методов разработки, моделей, теоретических, методологических и систематических подходов к управлению жизненным циклом объектов строительства, включая инженерные изыскания, проектирование, эксплуатацию, ремонт, восстановление и модернизацию достаточно емко и глубоко рассмотрены в работах отечественных и зарубежных исследователей, таких как А.Н. Асаул, В.А. Афанасьев, А.А. Афанасьев, Г.А. Айрапетов, Г.М. Арский, Р. Акофф, Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, Д. Бауэрсокс, М.М. Батдалов, В.С. Боголюбов, М.Д. Бойко, Э.Я. Бубес, В.В. Бузырев, С. Бир, А.Н. Бесколыльный, М.С. Будников, В.М. Васильев, А.А. Гусаков, Е.А. Гусакова, А.В. Гинзбург, П.Г. Грабовый, С.А. Думлер, Н.Е. Егорова, И.Ю. Зильберова, Б.А. Крылов, Е.С. Король, П.Н. Курочка, В.Ф. Касьянов, Д. Клосс, О.П. Коробейников, А.А. Лapidус, Р.В. Михалко, С.Н. Максимов, Б.С. мовчан, В.Я. Мищенко, С.-А. Ю. Муртазаев, С.И. Меркулов, Л.Б. Миротина, А.М. Немчин, Г.В. Несветаев, С.А. Обозов, Н. Ордуй, Ю.П. Панибратов, Е.В. Песоцкая, Е.В. Поляков, Р. Поляковский, Г.А. Порывай, В.А. Пушкар, В.А. Рогонский, А.Н. Ройтман, Д.С. Самойлов, В.М. Серов, Е.Б. Смирнов, М.Г. Смоленская, Р. Страйк, Н.Л. Тарануха, В.В. Томилов, Д. Фридман, Д. Форрестер, С.Р. Хачатрян, Е.В. Углова, В.С. Чекалин, Л.М. Чистов, Т.Н. Цай, К.А. Шрейбер, М.С. Шумилов, С.Г. Шеина, А.Ф. Шкляр и др.

Существенный вклад в исследование проблем строительства, ремонта, восстановления и реконструкции зданий и сооружений в сложных

сейсмических и инженерно-геологических условиях внесли В.И. Осипов, Ю.Н. Мурзенко, З.Г. Тер-Мартirosян, Х.Н. Машиев, Л.Р. Маилян, Д.Р. Маилян, В.И. Беспалов, В.М. Кутепов, Я.Д. Гильман, К.А. Меркулова, Р. Катценбах, А. Вейде, Х. Рамм, Г. Гудехаус, Х. Квик, и др. Их работы посвящены теоретическим и методологическим подходам технического нормирования и регулирования производственных процессов на всех этапах жизненного цикла объектов недвижимости.

Шеиной С.Г. были разработаны теоретические и методологические подходы, а также модели и технологии, направленные на интеграцию производственных процессов и управление жизненным циклом строительных объектов как на региональном, так и на федеральном уровнях. Разработаны также теоретические и методологические основы стратегического управления техническим состоянием жилищного фонда, организационно-технологического обеспечения мониторинга параметров среды обитания и выполнено моделирование оптимизации стратегии управления жизненным циклом недвижимого имущества [160-164].

В работах В.В. Талапова [147] описаны особенности информационного моделирования, связанные с набором конкретных задач динамики развития жизненных циклом. Процесс информационного моделирования на любом этапе жизненного цикла объекта подчиняется общим принципам, сформулированным в [144-147]: принципу единой модели, принципу прагматизма и принципу согласованного моделирования.

В работах С.В. Федосова, В.Н. Федосеева, И.А. Зайцевой и В.А. Воронова [151] проведен анализ российского и международного опыта [168-188], демонстрирующий значительный научный потенциал теоретических и прикладных исследований в сфере управления жизненным циклом объектов. В указанных исследованиях раскрывается концепция «7И», направленная на развитие и модернизацию строительной отрасли в условиях цифровой экономики. Авторами определены стратегические задачи, связанные с повышением эффективности управления жизненным циклом строительных

объектов и недвижимости, а также обоснована структура жизненного цикла, включающая три ключевых аспекта: проект, актив и бизнес. Особое внимание уделено вопросам экологической безопасности и энергоэффективности как важным факторам устойчивого развития. На основе ключевых концептуальных принципов сформирован основной взгляд на управление жизненным циклом строительных и имущественных объектов в контексте их устойчивого состояния. Авторы приходят к выводу, что изучение научных разработок в области управления жизненными циклами, а также применение методов математического и информационного моделирования сохраняют свою актуальность для создания фундаментальных методик. Подобный анализ дает возможность систематизировать существующие наработки, в том числе предложенные концепции, и определить перспективные направления для разработки и совершенствования высокотехнологичных и инновационных решений.

Целью исследования С.К. Лакетич и Перехрестюк В.М. поиск путей и решений эффективного управления объектами на этапе эксплуатации жизненного цикла [94, 112].

В данной работе рассмотрены и проанализированы жизненные циклы объекта, установлена эффективность и целесообразность усовершенствования системы управления жизненным циклом на стадии эксплуатации, предложены для внедрения BIM – технологии, которые позволят вести непрерывный мониторинг конструктивов объекта.

Системный подход в оценке различных качеств жизненного цикла объектов строительства определены в работе М.А. Савина и В.В. Белаш [133]. Комплексный и системный подход в информационном моделировании с использованием BIM – технологий предполагает рассмотрения технической, технологической и экономической информации об объекте во взаимозависимых и взаимовлияющих связях между рассматриваемыми системами, подсистемами и составляющих подсистем. Он применяется на каждом этапе жизненного цикла, начиная от инвестиционного этапа и

заканчивая консервацией и сносом. Целью данного системотехнического подхода является формирования моделей функционирования объекта на всех этапах жизненного цикла. Не лишне будет здесь привести кратко содержание Поручения Президента Российской Федерации В. В. Путина от 19.07.2019г. Д.А. Медведеву [114], где сказано обеспечить:

- с использованием ИТ-технологий переход к системе управления жизненным циклом объектов;
- применить при этом типовые технологии и модели, утвердить показатели эффективности, принять соответствующие стандарты, сформировать библиотеку базы данных и организовать подготовку специалистов.

Д.Ю. Коротковым и В.О. Чулковым [86] исследованы проблемы искусственного интеллекта в строительной отрасли. Предложен системный подход, предполагающий рассмотрение объекта строительства в системе «человек-техника-среда» в трех уровнях: возведения, эксплуатации и сноса объекта строительства.

В исследовании К.Ю. Лосева и Ю.Г. Лосевой [95] анализируются ключевые аспекты жизненного цикла строительных объектов. Центральное место в работе занимает вопрос систематизации информационно-аналитических методов, применяемых в управлении процессами строительства и эксплуатации зданий. Авторы приходят к заключению, что, несмотря на технологические различия между этапами жизненного цикла, главной задачей его эффективного управления остается формирование благоприятной, экологически безопасной и комфортной среды для людей.

Предполагается развертывание и развитие методики и методологии проектирования АСУ управления объектом на всех этапах жизненного цикла. Конечным выводом статьи является указание на то, что целью фундаментальных и прикладных разработок объектно-ориентированных АСУ поддержки этапов жизненного цикла объектов строительства должно быть создание нового технического и технологического уровня и условия для

здоровой, безопасной и комфортной жизнедеятельности человека в природной и виртуальной средах.

Совершенствованию системы управления жизненным циклом зданий и сооружений комплексной застройки в соответствии с международным протоколом низкоуглеродного развития посвящена работа М.О. Суворовой, А.Е. Наумова и В.В. Строковой [138]. Ограниченность доступности ресурсов в строительной отрасли страны нацеливает на широкое внедрение в практику управления жизненным циклом объектов строительства низкоуглеродных, в части выбросов в атмосферу, и, соответственно, экологически ориентированных принципов формирования параметров оценки жизненного цикла объекта на всех этапах жизненного цикла, что предполагает поиск новых организационно-технических решений в строительной отрасли и переход к зеленому низкоуглеродному строительству. Широкое развертывание промышленности по всей стране глобальные изменения климата, в связи с этим ставят вопросы сокращения углеродного воздействия во главу угла, что делает данное направление исследования перспективным и актуальным. Решение обозначенной проблемы авторами статьи предполагается путем совершенствования методов, способов и инструментов качественной и количественной оценки углеродного воздействия объектов капитального строительства на предэксплуатационном и эксплуатационном этапах их жизненного цикла.

Наиболее близким к тематике настоящего диссертационного исследования является научная работа О. В. Суходоевой и И.В. Каракозовой [142], касающейся практических аспектов моделирования жизненного цикла объекта культурного наследия, целью которой является определение этапов жизненного цикла памятников истории и культуры и выявление особенностей технико-экономических расчетов ремонтно-восстановительных и реставрационных работ в зависимости от этапа жизненного цикла памятника и истории и культуры. Теоретико-методологическую основу данного исследования составляют принципы управленческой науки, концепции

стоимостного консалтинга и инжиниринга, методы системного анализа, а также научные труды российских и зарубежных специалистов в области управления жизненным циклом строительных объектов, включая памятники истории и культуры. В ходе исследования были выделены ключевые этапы жизненного цикла объектов культурного наследия и определены взаимосвязи между ними. Кроме того, проведен сравнительный анализ особенностей управления объектами культурного наследия и типовыми строительными объектами. Полученные выводы позволяют повысить эффективность планирования и выполнения ремонтных, реставрационных, восстановительных и реконструкционных работ на различных стадиях жизненного цикла. Разработанный подход обеспечивает обоснование финансовых затрат, направленных на сохранение историко-культурных памятников, с учетом специфики каждого этапа их жизненного цикла.

Концепция жизненного цикла в решении современных управленческих и организационных проблем, т.е. проблем общего и стратегического менеджмента представлена в научной публикации Г.В. Широковой, Т.Н. Клеминой и Т.П. Козыревой [166], в которой проведен краткий исторический экскурс возникновения концепции по обозначенной проблеме, проанализированы пути применения концепции, а также представлен анализ возможных путей практического приложения концепции при ремонте, восстановлении, реставрации и реконструкции объектов недвижимости.

Структурно научная публикация состоит из двух частей и посвящена анализу концепции жизненного цикла и обоснованию значения ее для исследователей, выполняющих научные исследования в направлении прикладных и фундаментальных разработок управленческой и организационной теории.

В научных трудах А.Н. Асаула, В.А. Абчука, В.А. Чернова, В.С. Шутова, Л.Б. Зеленцова, Л.В. Киевского, М.В. Грачева, М.Г. Лапуста, М.В. Олейника, Н.В. Хохлова, Р.В. Мотылева, Р.М. Меркина, С.А. Синенко, С.М. Васина, Т.Н. Цай, Ю.П. Панибратова, И.Т. Балабанова, А.А. Лapidуса и других [10, 11, 15,

20, 21, 46, 47, 49, 55, 56, 60, 76, 79, 80] всесторонне и глубоко исследованы и разработаны методики выявления и оценки факторов риска в жизненном цикле объекта строительства и недвижимости.

Выполненный в настоящем разделе анализ работ отечественных и зарубежных исследователей в области управления жизненным циклом объектов строительства включая объекты культурного наследия,[83, 106, 107, 124, 129, 178-188], показал, что основным недостатком существующих систем организации и управления техническими и технологическими процессами в проектировании и строительстве является недостаточная теоретическая проработка и обоснование механизмов, а также методологического и системного подхода к управлению жизненным циклом памятников истории и культуры башенного типа на всех этапах их жизненного цикла.

Требуют дальнейшей разработки: методические, методологические и системно-структурные основы проектирования организационных структур ремонтно-реставрационных предприятий, а также организации процессов восстановления, реставрации, реконструкции и управления ими. Недостаточно проработаны постановка задач и методы организационного и математического моделирования таких систем для эффективного управления объектами культурного наследия и ансамблями на протяжении всего их жизненного цикла. Кроме того, остается нерешенной проблема методологической оценки организационно-технологической и эксплуатационной надежности управления жизненным циклом памятников истории и культуры башенного типа.

1.2. Классификация памятников истории и культуры башенного типа

Башенные сооружения, являющиеся памятниками истории и культуры, относятся к категории наиболее уязвимых объектов культурного наследия. Особую сложность представляет обеспечение устойчивости их жизненного цикла на различных стадиях, включая:

- эксплуатационные процессы;
- консервационные мероприятия;
- восстановительные работы (ремонт, реставрация, реконструкция);
- модернизационные мероприятия;
- процессы воссоздания;
- завершающие этапы (вывод из эксплуатации, демонтаж, утилизация).

Методологическая база классификации включает три ключевых принципа:

- принцип свойственного подобия;
- типологический анализ;
- системно-структурный и целевой подход к обобщению данных.

Указанные методологические принципы позволили разработать комплексную систему управления жизненным циклом башенных историко-культурных объектов, схематически представленную на рисунке 1.2.

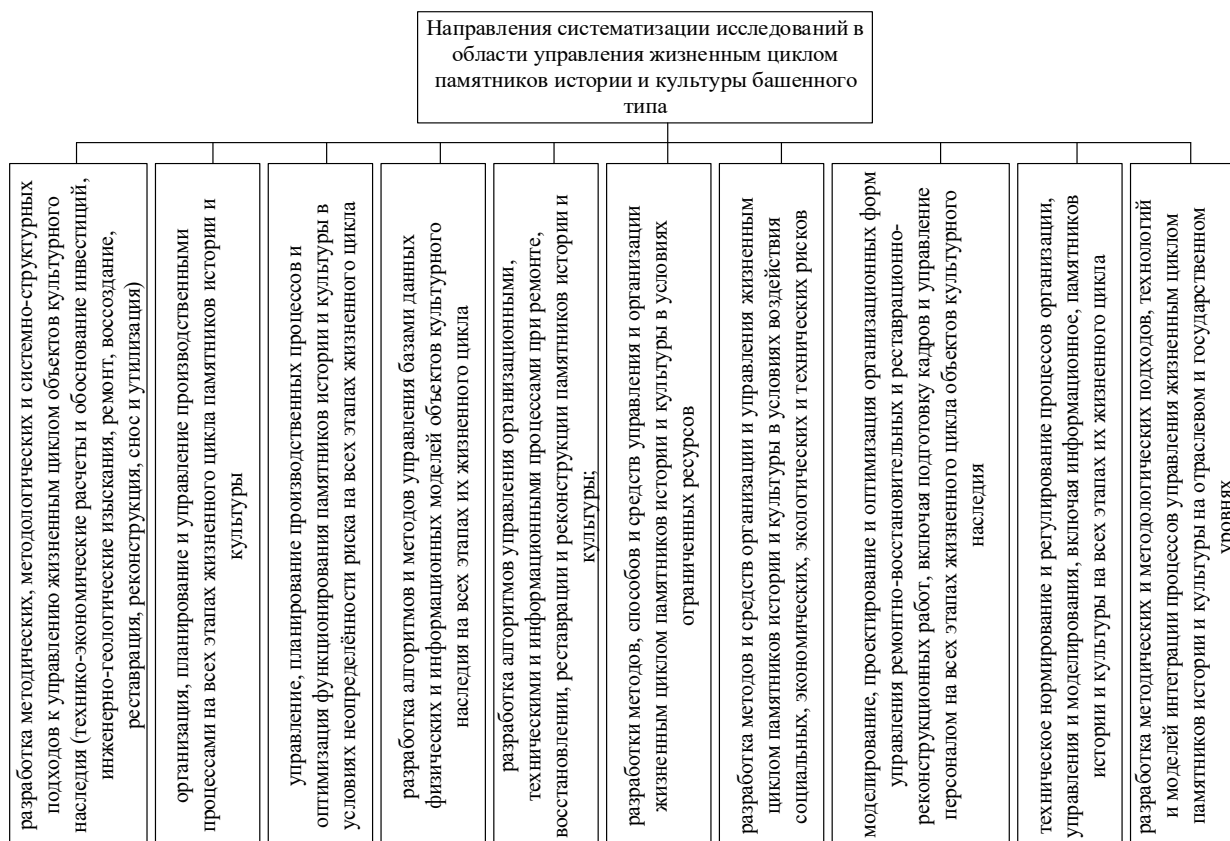


Рисунок 1.2 – Классификация направлений систематизации исследований в области управления жизненным циклом памятников истории и культуры башенного типа

Классификация научных направлений управления жизненным циклом памятников истории и культуры представлена на рисунке 1.2, включающем четыре блока исследования объектов культурного наследия (ОКН) по функциональному назначению. Классификация, основанная на принципе функционального назначения, представлена на рисунке 1.3.

Объектом диссертационного исследования являются памятники истории и культуры башенного типа, наиболее древними из которых являются жилые башни (рисунок 1.8). Жилые башни по форме основания делятся на квадратные и продолговатые – прямоугольные высотой в два – три этажа и полезной площадью 70-90 кв.м. Жилые башни по конструктивным особенностям, площади и кладке стен считаются более древними по сравнению с боевыми.

Боевые башни (рисунок 1.9) бывают пятиэтажными, встречаются также и шести, и семиэтажные башни с квадратным основанием площадью 20-25 кв.м. и высотой до 30 м. Стены кверху суживаются как по наклону стен, так и по толщине от 1,2 м. до 0,3 м.

Крыши боевых башен встречаются трех типов и представлены на рисунке 1.9.

Самыми древними считаются циклопические строения (рисунок 1.11), сложенные из больших и массивных камней, обработанных и строго подогнанных, размеры которых в 3-х измерениях достигают 1.8м. х 1.2м. х 0.8м, которые нередко служили основанием для строительства жилых и боевых башен.



Рисунок 1.3 – Классификация научных направлений управления жизненным циклом объектов культурного наследия

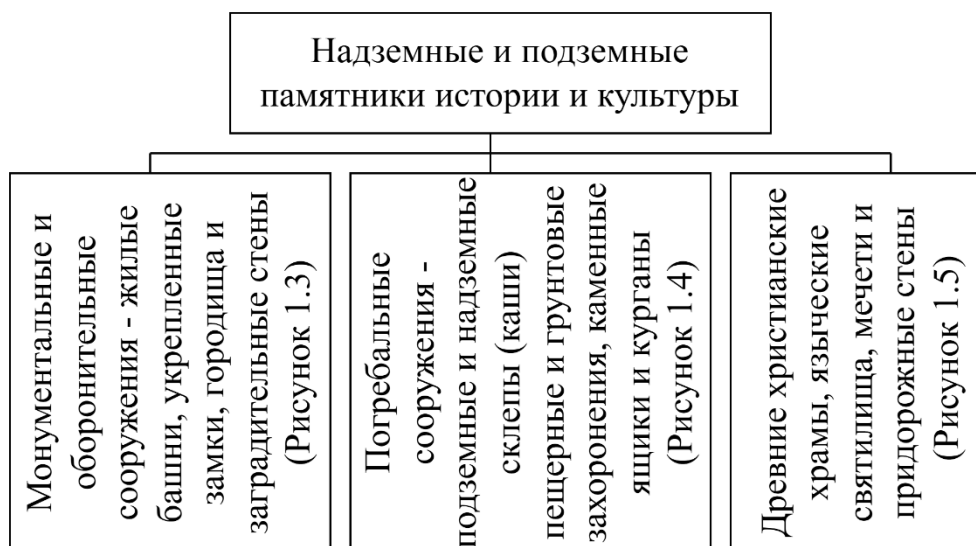


Рисунок 1.4 - Надземные и подземные памятники истории и культуры
(объекты культурного наследия)

Классификация памятников истории и культуры башенного типа, представлена на рисунке 1.12.

С точки зрения управления жизненным циклом памятников истории и культуры башенного типа важным является их дотирование. Данные многочисленных исследований [13, 22, 52, 81, 87, 88, 90, 102, 130] указывают на то, что строительство наиболее ранних типов боевых башен могло возникнуть не ранее XII ÷ XIII вв. и продолжаться вплоть до XVIII в. Считается, что и замковые сооружения, и заградительные стены относятся к этому периоду. По мнению большинства ученых жилые башни считаются воздвигнутыми на V ÷ VII веков ранее, т.е. V ÷ VIII вв., а период с VIII по XII вв. относят к строительству полубоевых башен. Циклопические строения считаются самыми древними, имеющими 5-ти тысячную и более историю. В контексте датирования башен необходимо отметить, что у ученых – историков существует широкий разброс мнений, неоднозначных подходов и оценок, подтверждающих необходимость в этом направлении с привлечением разнопрофильных специалистов и современных технологий.



а) Жилая башня в с. Бица, ЧР



б) Полубоевая башня в с. Моцкарой, ЧР



в) Боевая башня в с. Моцарой, ЧР



г) Заградительная стена в с. Чармаха, ЧР



д) Сторожевые башни-близнецы, Ушкалой, ЧР



е) Башенное селение-городище Шарой, ЧР

Рисунок 1.5 – Монументальные жилые и оборонительные сооружения



а – подземный склеп



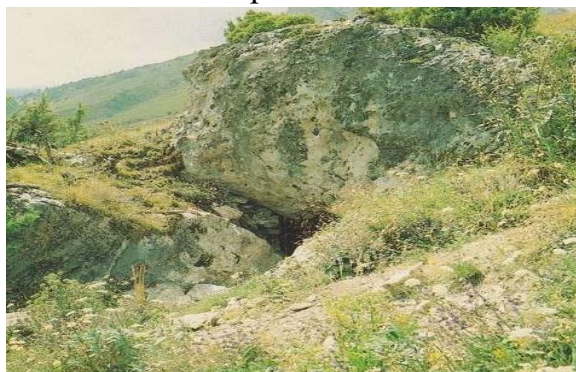
б – полуподземный склеп



в - надземный склеп с двускатной крышей



г - надземный склеп с пирамидальной крышей



д – пещерное захоронение



е - каменный ящик



ж - грунтовое захоронение



з - менгир

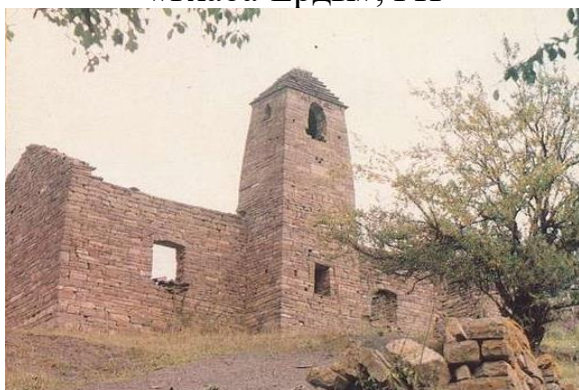
Рисунок 1.6 – Сооружения погребального характера



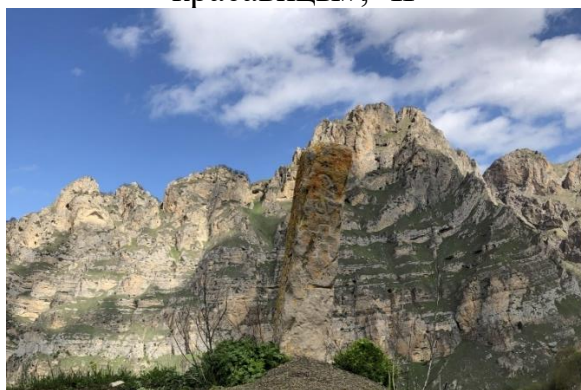
а – древний христианский храм
«Тхаба-Ерды», РИ



б - языческое святилище «Дом
красавицы», ЧР



в - мечеть с минаретом в виде
боевой башни в с. Эткали, ЧР



г – придорожная стела в Нашаха, ЧР

Рисунок 1.7–Древний христианский храм (а), языческое святилище (б),
мечеть (в) и придорожная стела (г)



Рисунок 1.8 – Жилая башня



Рисунок 1.9 – Боевая башня



а - плоская с барьером



б - плоская с зубцами
на углах



в - пирамидальная

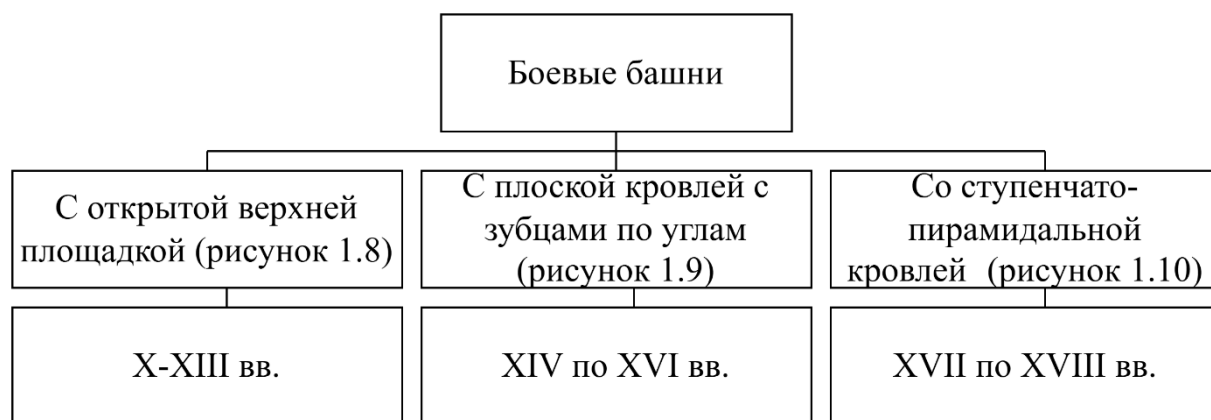
Рисунок 1.10 – Типы крыш боевых башен



Рисунок 1.11 – Циклопические строения



а) Жилые башни



б) Боевые башни

Рисунок 1.12 – Классификация памятников истории и культуры башенного типа

На наш взгляд интересным является классификация памятников истории и культуры с точки зрения выполнения работ по их сохранению, учитывая этапы жизненного цикла (Рисунок 1.13).

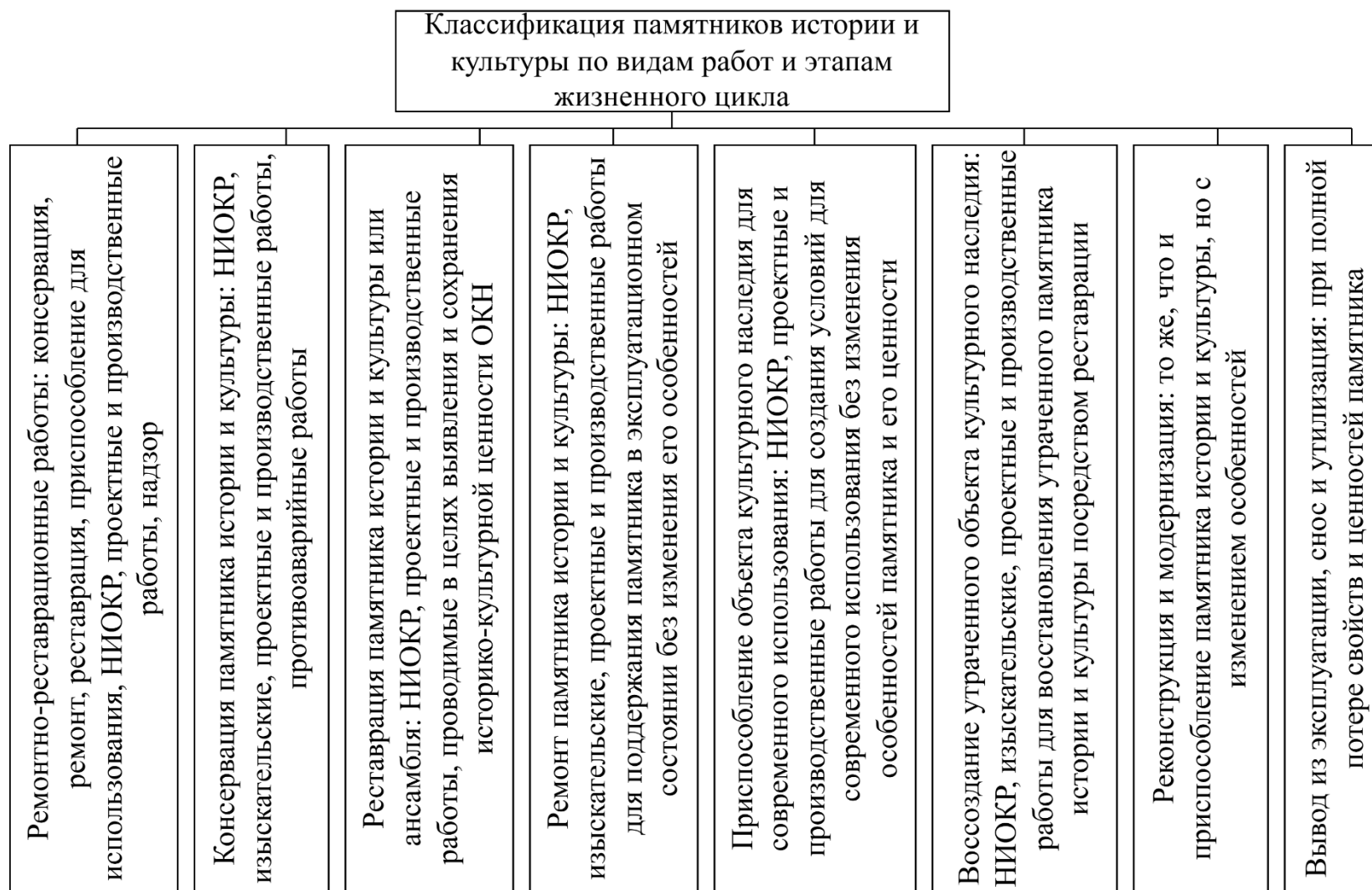


Рисунок 1.13 – Классификация памятников истории и культуры башенного типа в соответствии с этапами жизненного цикла и видами работ

С точки зрения проведения комплексного инструментального технического обследования на предмет определения эксплуатационной пригодности несущих конструкций памятника истории и культуры представляется интересной, выполненная, в рамках диссертационного исследования, классификация объектов культурного наследия, которая позволяет установить зависимость степени эксплуатационной пригодности объекта от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик как отдельных конструктивов, так и памятников в целом.

Систематизация памятников истории и культуры по их техническому состоянию разработана на основе анализа результатов инструментальных и технических обследований, проведенных с личным участием автора как в ходе полевых исследований, так и при последующей обработке собранных материалов. Данная классификация отображена на рисунке 1.14.

Представленное разделение историко-культурных объектов (в том числе башенных) послужит фундаментом для формирования теоретических, методических и методологических принципов управления их жизненным циклом, охватывающего стадии проектирования и инженерных изысканий.

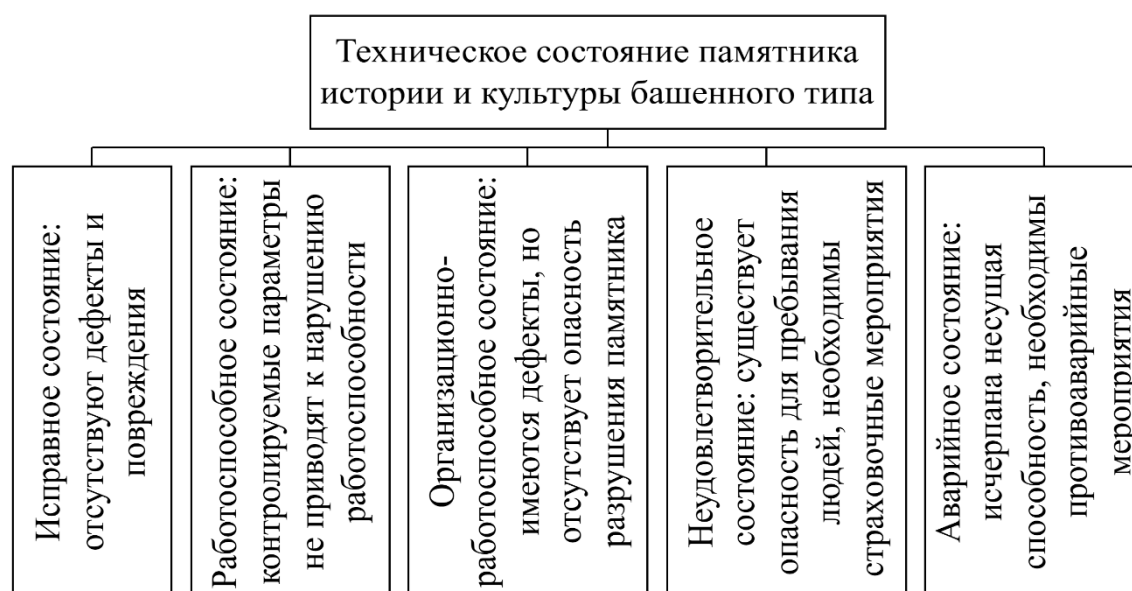


Рисунок 1.14 – Классификация памятников истории и культуры, в зависимости от категорий технического состояния

1.3. Анализ организации и производства работ по сохранению памятников истории и культуры по основным этапам их жизненного цикла

Башенные памятники истории и культуры входят в число объектов культурного наследия Российской Федерации. К данной категории могут относиться и археологические объекты, имеющие значимость в сфере искусства, архитектуры, а также представляющие ценность с точки зрения социальной культуры, этнографии и антропологии (см. Рисунок 1.15).

При проведении археологических раскопок на территориях памятников истории и культуры часто обнаруживаются следы человеческой деятельности в прошлом. Это накладывает особые требования на организацию охранных мероприятий. Такие объекты обладают художественной и историко-архитектурной ценностью для культуры Российской Федерации и регулируются Федеральным законом от 25 июня 2002 года № 73-ФЗ [153].

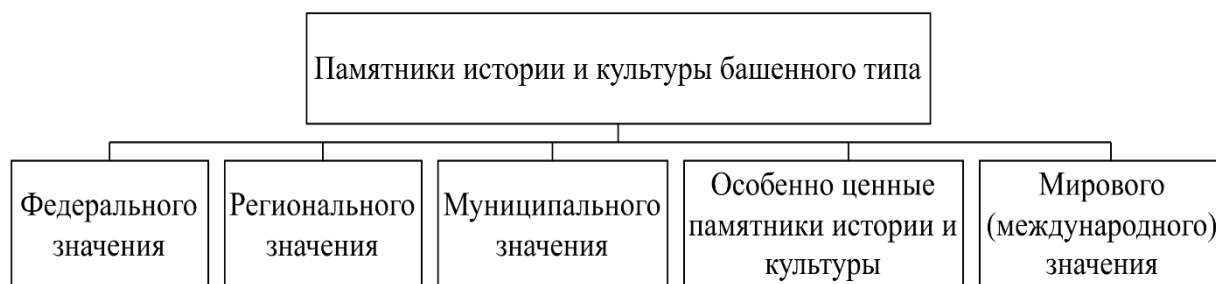


Рисунок 1.15 – Классификация памятников истории и культуры

Башенные сооружения, обладающие статусом объектов культурного наследия, требуют специальных охранных мероприятий. К ним относятся как физическая защита конструкций, так и сохранение их историко-культурной значимости. Для этого такие памятники должны быть включены в реестр охраняемых объектов в соответствии с классификацией, приведённой на рисунке 1.15.

Комплекс мер по обеспечению сохранности этих сооружений на разных этапах их существования детально представлен в таблице 1.1.

Основой поддержания физической и культурно-исторической целостности башенных памятников служат принципы реставрации. Главная

задача таких принципов – не только уберечь объекты от разрушения, но и максимально полно раскрыть их художественную, историческую и культурную ценность.

Все сведения, касающиеся памятников истории и культуры, являются абсолютно неизменными и подлежат обязательному сохранению вне зависимости от используемых методов восстановительных работ - будь то реставрация, ремонтные работы, реконструкция или полное воссоздание объекта.

Таблица 1.1 Комплекс мероприятий, направленных на сохранение физической целостности и историко-культурной ценности башенных памятников

NN <u>п.п.</u>	Этап жизненного цикла памятника истории и культуры	Меры обеспечения физической и историко-культурной сохранности
1	2	3
1	Противоаварийные работы	Мероприятия, организационного и технического характера, направленные на предотвращение разрушения и потерю устойчивого равновесия памятника истории и культуры
2	Консервация	НИОКР, производственные и проектные работы, включая противоаварийные работы, направленные на предотвращение ухудшения памятника истории и культуры без изменения его облика предмета и охраны.
3	Реставрация	НИОКР, проектные и производственные работы,

4	Приспособление памятника для современного использования	НИОКР, проектные и производственные работы, выполняемые для цели использования памятника без изменения его свойств и особенностей.
5	Ремонт	НИОКР, проектные и производственные работы для поддержания памятника истории и культуры в эксплуатационном состоянии без изменения свойств и особенностей предмета охраны.
6	Восстановление (воссоздание) памятника истории и культуры	НИОКР, проектные и производственные работы, выполняемые при утрате свойств и особенностей памятника с особой значимостью для истории и культуры.
7	Реконструкция	Научно-исследовательские, изыскательные, проектные и производственные работы, направленные на изменение конструктивных и по требованиям его охраны объемно-планировочных решений с сохранением исторических культурных и физических особенностей памятника по требованиям его охраны.
8	Модернизация	Выполнение минимальных производственно-технологических работ и НИОКР, незначительно затрачивающих свойства и особенности памятника по предмету охраны.

9	Вывод из эксплуатации	Комплекс производственно-технических, технологических и научно-проектных мероприятий, направленный на вывод памятника из эксплуатации с целью определения очередного цикла жизнедеятельности,
10	Снос	НИОКР и производственные работы, направленные на реализацию предпоследнего этапа цикла жизнедеятельности памятника истории и культуры.
11	Утилизация	Научно-технические, технологические и производственные мероприятия, направленные на выполнения комплекса работ по завершающему этапу цикла жизнедеятельности памятника истории и культуры, направленному на экологическую, технологическую и техническую утилизацию отходов от сноса памятника.

В процессе инструментального технического обследования состояния памятника истории и культуры по основным этапам их жизненного цикла определяется техническое состояние объекта культурного наследия. При этом путем сопоставления данных о фактическом физическом состоянии памятника с установленными нормативом или проектом значениями определяется степень повреждения и степень пригодности объекта (Рисунок 1.16).

На этапах жизненного цикла памятника истории и культуры осуществляется плановые и внеплановые мониторинговые мероприятия для оценки его технического состояния и экологических условий обеспечения устойчивости (Рисунок 1.17).



Рисунок 1.16 – Категории технического состояния памятника истории и культуры



Рисунок 1.17 – Мониторинг памятника истории и культуры башенного типа

Ключевым аспектом обеспечения устойчивости жизненного цикла памятника истории и культуры является его комплексное исследование, например, выполнение комплекса НИОКР как до начала, так и в процессе ремонтных, восстановительных, реставрационных, реконструктивных, модернизационных и консервационных мероприятий. Целью этих работ

является комплексное изучение памятника и получение необходимой информации для разработки проектно-сметной документации (Рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Виды исследований памятников истории и культуры башенного типа

В процессе детального инструментально-технического обследования памятника истории и культуры определяются дефекты отдельных конструктивов, делаются их зарисовки, замеры и фотофиксация. Дефекты конструкций памятника истории и культуры башенного типа бывают двух видов: в виде деформации и повреждения конструкций памятника (Рисунок 1.19).



Рисунок 1.19 – Дефекты конструкций памятника истории и культуры башенного типа

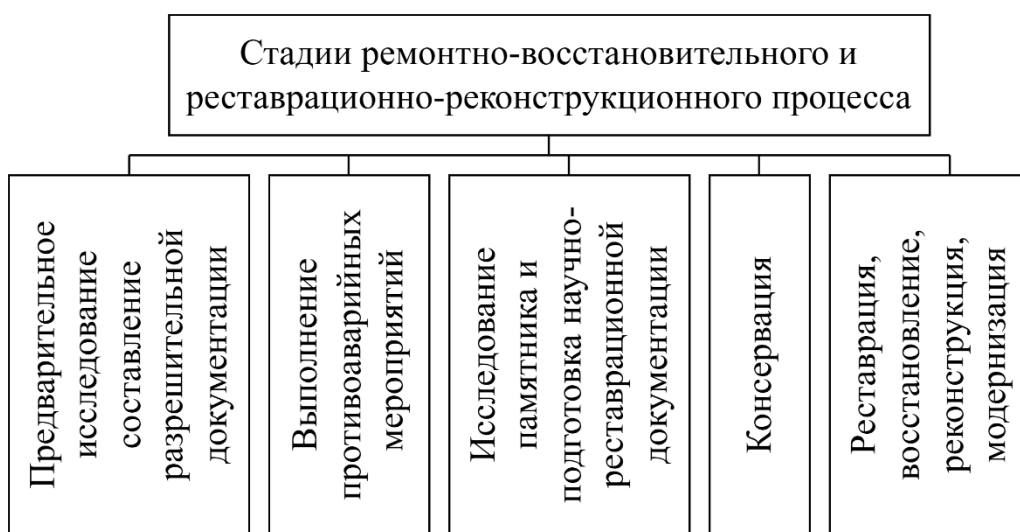


Рисунок 1.20 – Стадии ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции и модернизации объектов культурного наследия башенного типа

Ремонтные, восстановительные, реставрационные, реконструктивные и модернизационные процессы имеют несколько стадий, которые представлены на рисунке 1.20. Эти стадии являются сложными как по содержанию, так и по взаимообусловленности. На объектах культурного наследия возможно

выполнение как всех перечисленных на рисунке 1.20 стадий, так и некоторых из них по взаимосвязанности и взаимообусловленности.

Проведение ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструктивных работ на объектах культурного наследия возможно исключительно после завершения необходимых предварительных исследований, утверждения проектно-сметной и научно-реставрационной документации, а также выполнения всех противоаварийных и профилактических мероприятий.

1.4. Анализ нормативных документов, регламентирующих жизненные циклы памятников истории и культуры

Раздел содержит анализ нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы охраны объектов историко-культурного наследия, а также этапов их жизненного цикла [73, 74, 115-118, 123, 152-155].

Основой международных усилий по охране культурного наследия служит Гаагская конвенция от 14 мая 1954 года о защите культурных ценностей во время вооруженных конфликтов. Необходимость такого правового акта стала очевидной, не в последнюю очередь, из-за урона, нанесенного Второй мировой войной. Советский Союз присоединился к Конвенции, ратифицировав ее 4 января 1957 года, с вступлением в силу 4 апреля 1957 года. Данная Конвенция установила для стран-участниц базовые положения по защите и сохранению культурного достояния в период военных конфликтов.

Следующим важным международным документом в области охраны культурных ценностей является Конвенция, принятая 17 ноября 1970 года. Она направлена на запрет и предупреждение незаконного ввоза, вывоза и передачи права собственности на культурные ценности.

Было определено, что государства - участники настоящей Конвенции признают, что незаконные ввоз, вывоз и передача права собственности на культурные ценности являются одной из главных причин обеднения культурного наследия стран происхождения этих ценностей и, что международное

сотрудничество является одним из наиболее действенных средств обеспечения охраны принадлежащих им культурных ценностей от всех опасностей.

Конвенция обязывает каждое государство-участник обеспечивать выявление, охрану, сохранение, популяризацию и передачу будущим поколениям культурного и природного наследия рисунок 1.21.

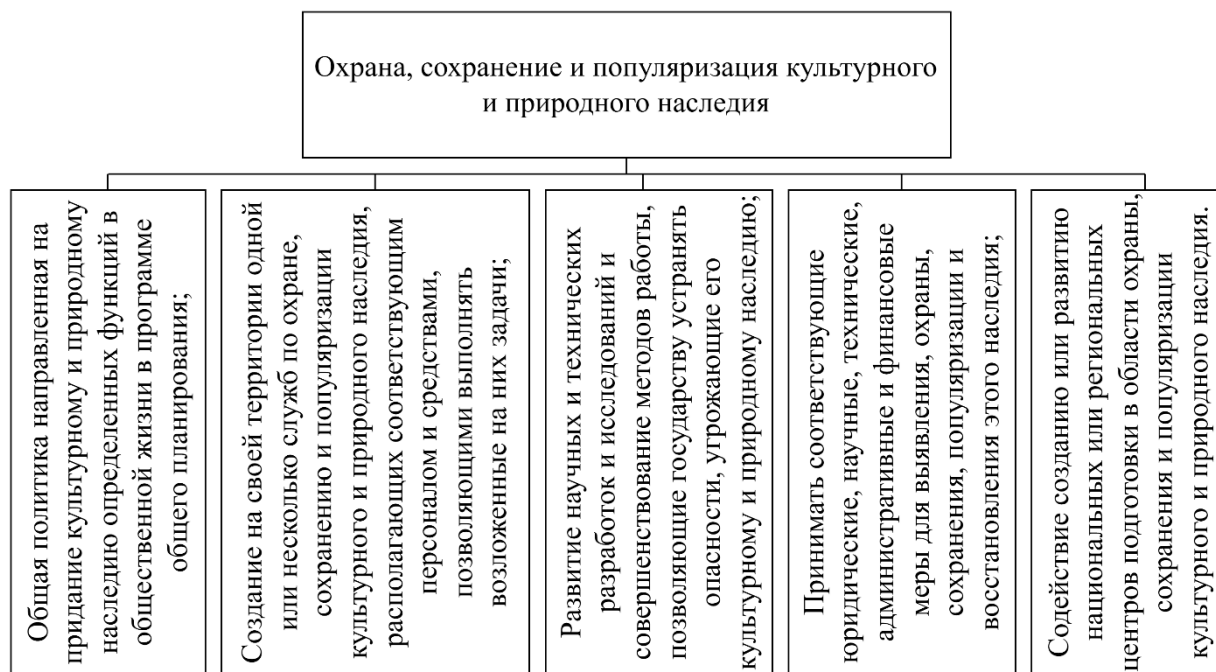


Рисунок 1.21 – Мероприятия по обеспечению эффективной охраны, сохранению и популяризации культурного и природного наследия

Для финансирования Комитета создан Фонд всемирного наследия.

Рисунок 1.22 иллюстрирует источники его финансирования.

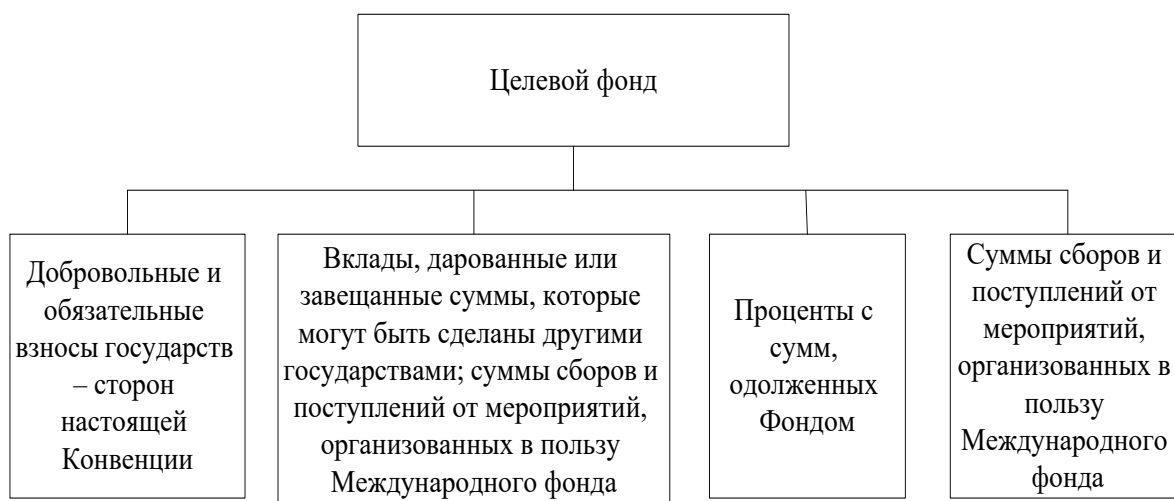


Рисунок 1.22 – Источники формирования целевого фонда

Объекты культурного наследия (памятники истории и культуры) представляют собой исторически сложившиеся недвижимые объекты, имеющие значимость в археологическом, историческом, архитектурном, художественном, научно-техническом и социально-культурном отношениях. Как важнейшая часть национального достояния, их сохранение играет ключевую роль в поддержании культурного многообразия общества (Рисунок 1.28).

Правовое регулирование в данной области основывается на положениях Конституции Российской Федерации, являющейся основой всей правовой системы страны. В контексте охраны культурного наследия статья 44 Основного закона закрепляет:

- право граждан на участие в культурной жизни;
- доступ к культурным учреждениям и ценностям;
- обязанность сохранения историко-культурного наследия.

Согласно пункту "д" части 1 статьи 72 Конституции РФ, вопросы охраны памятников истории и культуры находятся в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов, что подчеркивает важность межрегионального сотрудничества в этой сфере.

Юридическую базу для регулирования вещных и имущественных отношений, затрагивающих конституционные права граждан, образуют положения Гражданского кодекса Российской Федерации. Данные нормы используются при разрешении вопросов, связанных с правом собственности и иными вещными правами.

Основным нормативным документом, регламентирующим вопросы охраны историко-культурных ценностей и управления их жизненным циклом, является Федеральный закон № 73-ФЗ от 25.06.2002 "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" (Рисунок 1.23) [153].

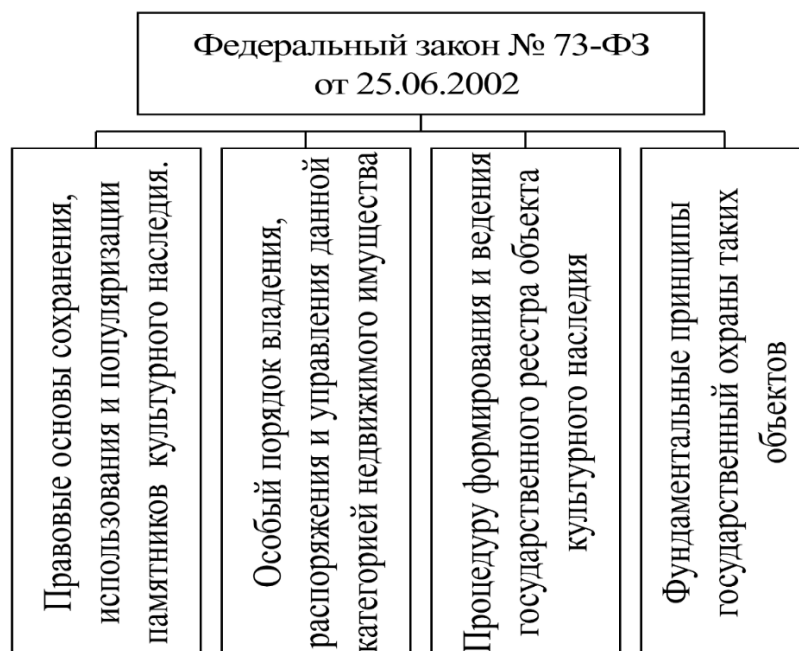


Рисунок 1.23 – Основные положения Федерального закона № 73-ФЗ об объектах культурного наследия

Законодательством предусмотрена система мер по привлечению общественного интереса к культурному наследию, включающая:

- гарантирование права граждан на доступ к памятникам истории и культуры;
- формирование в обществе понимания значимости культурного наследия;
- духовно-просветительскую работу с населением.

Образовательные инициативы, расширяющие кругозор граждан.

Реализация этих задач осуществляется через:

- музейные выставки и тематические экспозиции;
- научные форумы и образовательные семинары;
- организацию экскурсионной деятельности на памятных объектах.

Важно отметить, что все мероприятия по охране и использованию объектов культурного наследия, включая вопросы землепользования и градостроительной деятельности, осуществляются в строгом соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Регулирование данных вопросов происходит посредством:

- земельного кодекса и иных нормативных актов в сфере земельных отношений;

- градостроительного кодекса и законодательства об архитектурной деятельности;
- экологического законодательства;
- федерального закона №73-ФЗ об объектах культурного наследия.

Важное значение имеет тот факт, что любые имущественные правоотношения, связанные с сохранением, эксплуатацией, продвижением и государственной защитой памятников культурного наследия, обязаны полностью соответствовать нормам Гражданского кодекса РФ. Данное требование гарантирует особый правовой статус культурных ценностей как специфической разновидности недвижимости.

С целью систематизации информации о культурном наследии действующее законодательство устанавливает обязательность создания и регулярного обновления Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов России (Рисунок 1.24).

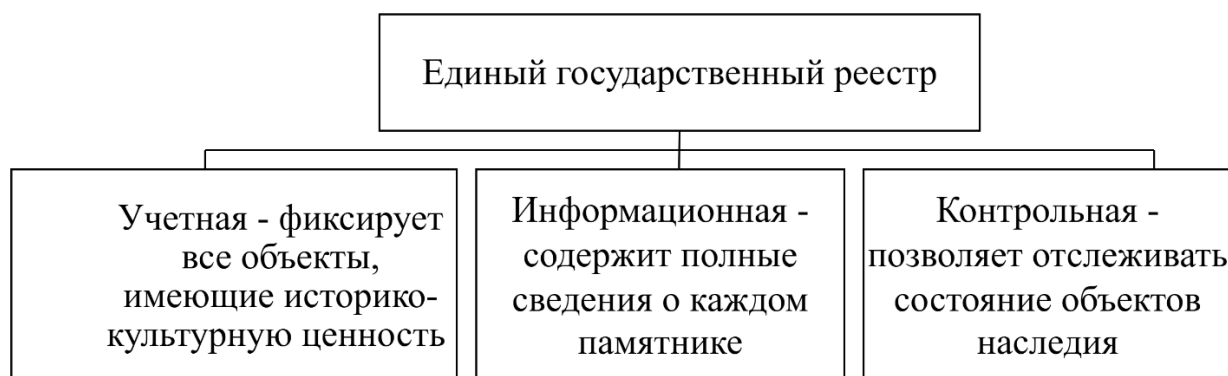


Рисунок 1.24 – Ключевые функции Единого государственного реестра

Порядок ведения данного реестра регламентирован специальным Положением, утверждённым Приказом Минкультуры России от 03.10.2011 №954 (с последними изменениями от 05.03.2024). Этот нормативный документ устанавливает:

- принципы организации реестра как централизованной информационной системы;
- правила внесения объектов в реестр;

- порядок актуализации и хранения данных.

Включение объектов в реестр осуществляется уполномоченными государственными органами на основании соответствующих решений. Координацию работы по ведению реестра осуществляет Министерство культуры Российской Федерации как профильный федеральный орган исполнительной власти.

Информационная база реестра служит ключевым источником данных об объектах культурного наследия, включая сведения об их территориях, охранных зонах и защитных участках. Эти данные используются при формировании:

- государственных информационных систем градостроительной деятельности;
- специализированных банков данных;
- иных информационных ресурсов, учитывающих характеристики памятников истории и культуры.

Особое значение в правовом регулировании занимают принципы государственной охраны культурных ценностей. Графическая схема (рис. 1.25) наглядно демонстрирует комплекс мер по государственной защите объектов наследия.

Финансовое обеспечение жизненного цикла объектов осуществляется через государственную программу "Развитие культуры и туризма" (Постановление Правительства РФ №317 от 15.04.2014), где подпрограмма "Наследие" предусматривает целевое финансирование мероприятий по:

- консервации и реставрации;
- адаптивному использованию;
- просветительской работе с памятниками истории и культуры.

.

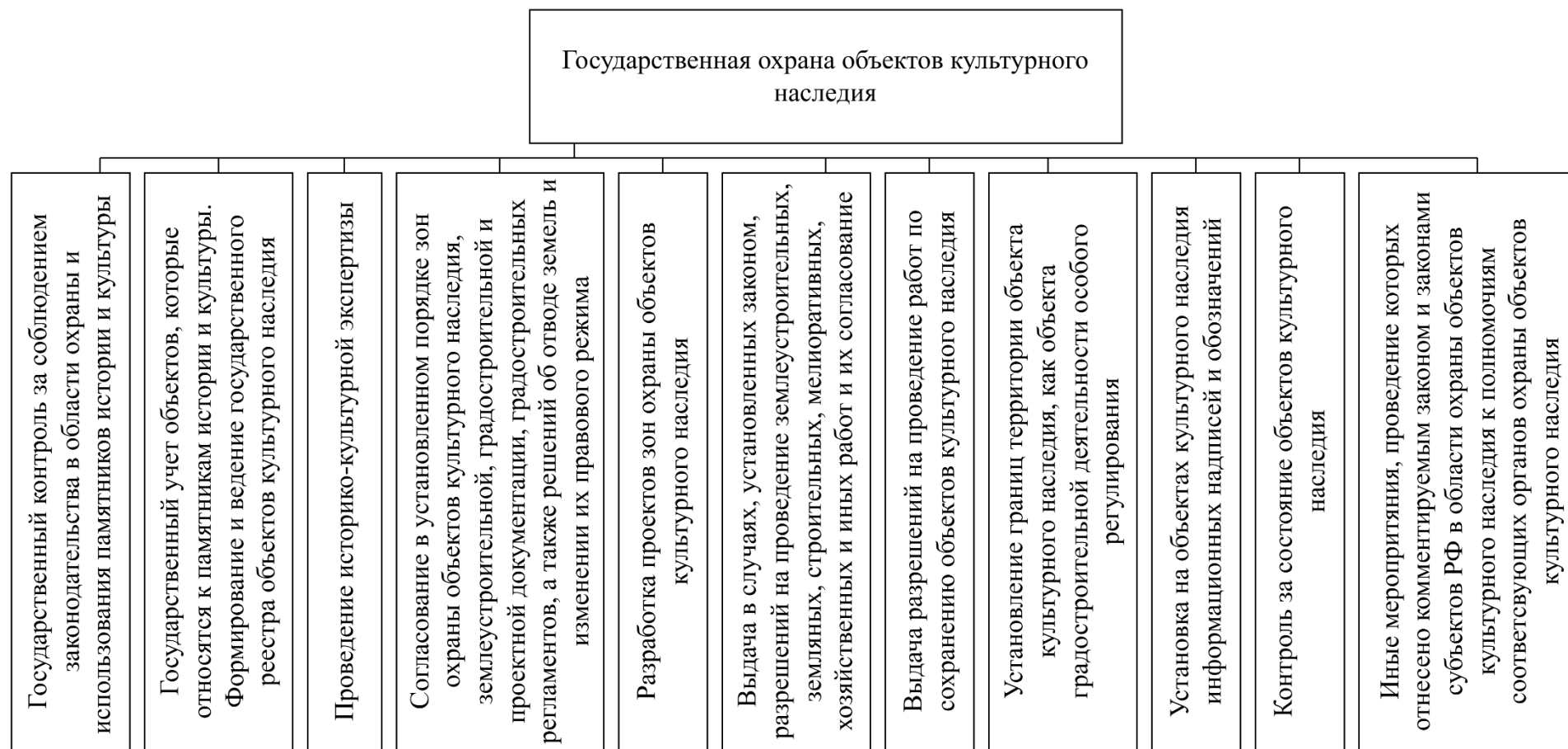


Рисунок 1.25 – Мероприятия и действия, которые подразумевают государственную охрану объектов культурного наследия

Собственники и арендаторы памятников истории и культуры, осуществившие работы по их сохранению, имеют право на компенсацию затрат при соблюдении следующих условий:

- объект находится в частной собственности или безвозмездном пользовании;
- все работы выполнены в строгом соответствии с требованиями Федерального закона №73-ФЗ.

Координацию политики в сфере культурного наследия региона осуществляет Комитет Правительства ЧР по охране и использованию культурного наследия. На территории республики зарегистрировано всего памятников 1644, из них: федерального значения 205 (включая 5 историко-архитектурных комплексов) и 554 регионального значения.

Особый статус приобрели 98 объектов, переведенных Приказом Минкультуры РФ №612 от 02.04.2024 в категорию федерального значения, среди которых:

- Никаройский комплекс;
- Це-Калойский ансамбль;
- Васеркелский памятник;
- Зенгалийский архитектурный комплекс;
- Шаройский исторический ансамбль.

Правовое регулирование осуществляется Законом ЧР №24-РЗ от 27.06.2023, который дублирует основные положения федерального законодательства в сфере охраны культурного наследия.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Изучение российского и международного опыта управления жизненным циклом историко-культурных памятников показало, что существующие исследования носят фрагментарный характер и не охватывают все аспекты данной проблемы. В частности, отсутствуют научно обоснованные методические и системные подходы к управлению объектами

культурного наследия на всех этапах – от обоснования инвестиций и проектирования до реставрации, эксплуатации и утилизации.

2. Разработанная классификация памятников башенного типа позволяет упорядочить исследования, направленные на повышение устойчивости их жизненного цикла. Это касается как теоретических и методологических основ управления, так и практических вопросов – проектирования организационных структур, планирования ремонтно-реставрационных работ, моделирования процессов восстановления и реконструкции.

3. Исследование ключевых этапов жизненного цикла историко-культурных объектов способствует разработке методов оценки эффективности их управления. Особое значение имеют технологии математического моделирования и системного анализа, которые позволяют оптимизировать процессы сохранения памятников башенного типа.

4. Организация работ по сохранению культурного наследия требует особых подходов в условиях сложных производственных площадок, ограниченных ресурсов и различных рисков (социально-экономических, технических, экологических). Решение этих задач должно лечь в основу создания устойчивых организационных структур, способных обеспечить надежное управление на всех этапах жизненного цикла.

5. Анализ нормативно-правовой базы в сфере охраны культурного наследия выявил значительные пробелы в регулировании их жизненного цикла. Региональные власти обладают ограниченными полномочиями: они могут принимать решения лишь в вопросах охраны и оценки исторической ценности памятников, но не имеют возможности комплексно регулировать все связанные процессы. Это приводит к разрозненности управления, отсутствию единых стандартов и сложностям в координации межрегиональных проектов. Наиболее остро проблема проявляется при реализации масштабных программ реставрации и сохранения объектов наследия.

Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА

Эффективное управление жизненным циклом памятников истории и культуры башенного типа требует комплексного применения теоретических, методологических и системно-технических решений на всех стадиях их существования (Рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Этапы управления жизненным циклом

В рамках исследования целесообразно разработать систему мер, направленных на сохранение памятников башенного типа и повышение устойчивости их жизненного цикла. Ключевой задачей является создание методологических и организационных механизмов, обеспечивающих долговременную сохранность этих уникальных объектов культурного наследия.

Анализ технического состояния башенных сооружений на всех этапах их существования включает оценку следующих параметров:

- физическое старение (износ конструкций, утрата эксплуатационных качеств);
- моральное старение (несоответствие современным функциональным и технологическим требованиям).

Эти показатели требуют постоянного мониторинга и учета при принятии управленческих решений, направленных на сохранение объектов

В разделе запланированы к раскрытию методический и методологический подходы к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников и их мониторинг. Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия башенного типа предполагает постоянное и планомерное наблюдение за техническим состоянием и сравнение данного уровня с нормативными требованиями.

Мониторинг предполагает также разработку перспективных планов и оптимизационных моделей управления жизненным циклом памятников с повышением эффективности ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации. Следует отметить также важность научно-технической и проектной подготовки работ для повышения устойчивости жизненного цикла исследуемых объектов.

2.1. Концептуальные положения повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры

Северо-Кавказский федеральный округ обладает значительным культурно-историческим потенциалом, сосредоточенным в более чем 10 тысячах памятников истории и культуры (по данным природоохранных ведомств округа). Однако текущее состояние сохранности объектов культурного наследия в СКФО вызывает серьезную озабоченность, что характерно и для других российских регионов [22].

Сложившаяся ситуация требует:

- срочного внедрения комплексных мер;
- разработки стратегии повышения устойчивости;
- системного подхода к управлению на всех стадиях существования объектов.

Ключевые проблемы охватывают весь жизненный цикл памятников:

- от начальных этапов (проектирование, изыскания);
- до завершающих процедур (консервация, демонтаж).

Особую актуальность приобретает необходимость:

- совершенствования нормативного регулирования;
- разработки методического обеспечения;
- внедрения современных технологий сохранения;
- оптимизации управленческих процессов.

Требуется безотлагательная разработка и реализация специальной программы, направленной на кардинальное улучшение ситуации с охраной культурного наследия в СКФО.

Следует подчеркнуть, что в современных условиях наблюдается значительное накопление проблем, связанных с обеспечением сохранности памятников истории и культуры, что требует выработки комплексной государственной стратегии и системных мер для их решения.

В этой связи формируется ключевая цель концептуальных предложений создание и реализация системы фундаментальных мер, направленных на сохранение объектов культурного наследия и повышение устойчивости их жизненного цикла [46, 47].

В качестве стратегического инструмента достижения данной цели мы предлагаем реализацию масштабного инвестиционного проекта "Мегатуристический кластер "Древний Кавказ", который призван:

- обеспечить комплексный подход к сохранению памятников;
- создать современную инфраструктуру для их эксплуатации;
- разработать инновационные механизмы финансирования реставрационных работ;

- сформировать новые модели устойчивого управления объектами наследия.

Данный проект предполагает интеграцию усилий государства, бизнеса и научного сообщества для создания эффективной системы сохранения культурного наследия региона.

Из исторических источников [43, 81, 87, 90] можно сделать вывод о том, что, в основном, объекты культурного наследия СКФО относятся к средневековому периоду. Памятники истории и культуры башенного типа (сторожевые, боевые и полубоевые башни) расположены таким образом, что из каждой башни видны две и более башни, находящиеся в окрестности (горных урочищах, ущельях и котловинах), создавая единую систему, которую называли Единой сигнальной системой, а в отдельных случаях – Великой сигнальной системой.

Проведённая систематизация объектов культурного наследия Северо-Кавказского федерального округа позволила выделить уникальный территориально-культурный кластер. На основе проведённого анализа:

- разработана классификация памятников по субъектам СКФО (визуализировано на рисунке 2.3);

- выявлена особая взаимосвязь объектов благодаря единой транспортной инфраструктуре (горные дороги), общности историко-культурного контекста, доступности труднодоступных памятников;

- предложена концепция интегрированного туристического комплекса под рабочим названием "Великая сигнальная система - Мегатуристический комплекс «Древний Кавказ»" (отражено на рисунке 2.4).

Графические материалы включают:

- картографическое представление распределения объектов (Рисунок 2.3);

- схему транспортно-культурных связей (Рисунок 2.5);

- систему условных обозначений (Рисунок 2.6).

Данный подход позволяет рассматривать разрозненные памятники как единую систему, обладающую:

- высоким туристическим потенциалом;
- уникальной исторической ценностью;
- возможностями для комплексного изучения и сохранения.

Охрана и спасение первоочередных памятников истории и культуры Великой сигнальной системы, обозначенных в группе риска, внедряя системный подход, обеспечивающий мониторинг состояния объектов культурного наследия и включение их в культурно-туристическую систему, является одной из концептуальных идей настоящего диссертационного исследования, призванной повысить устойчивость их жизненного цикла на всех этапах.

Основной задачей концептуальных положений является формирование системных механизмов повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, как самых уникальных памятников среди объектов культурного наследия.

Системный подход к сохранению башенных памятников культуры:

1. Механизмы повышения устойчивости жизненного цикла.

На рисунке 2.6 представлена комплексная модель управления объектами башенного типа, включающая:

- мониторинг и диагностику технического состояния сооружений;
- научно-методическое обеспечение реставрационных работ;
- адаптивное использование с учётом современных требований;
- финансовые механизмы (бюджетное финансирование, частно-государственное партнёрство);
- популяризацию через туристические и образовательные проекты.

2. Программно-целевой подход к сохранению.

Наиболее эффективным инструментом обеспечения сохранности объектов культурного наследия является их включение в целевые

государственные (муниципальные) программы сохранения и реставрации (Рисунок 2.2).

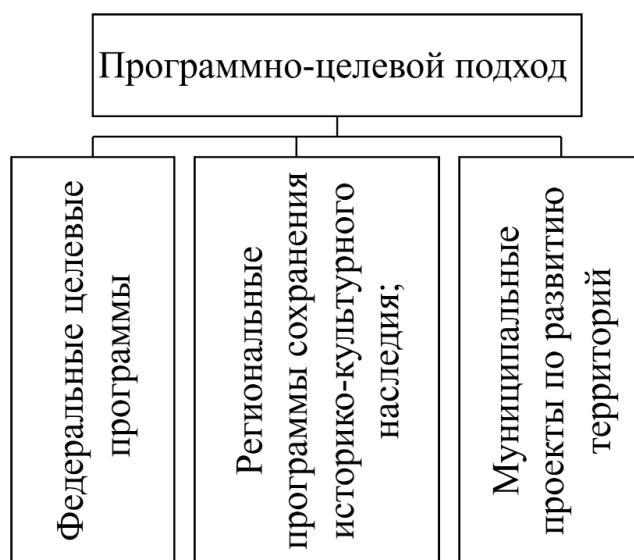
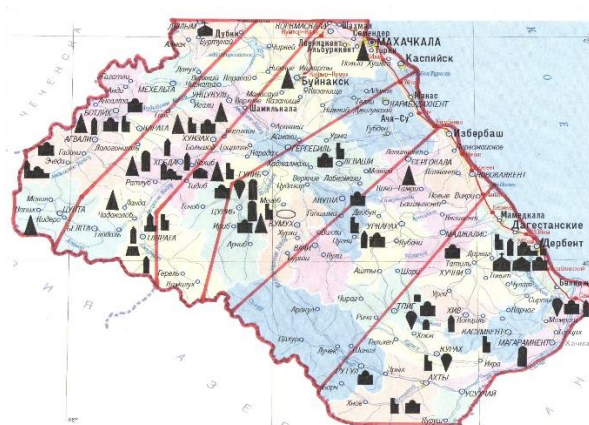


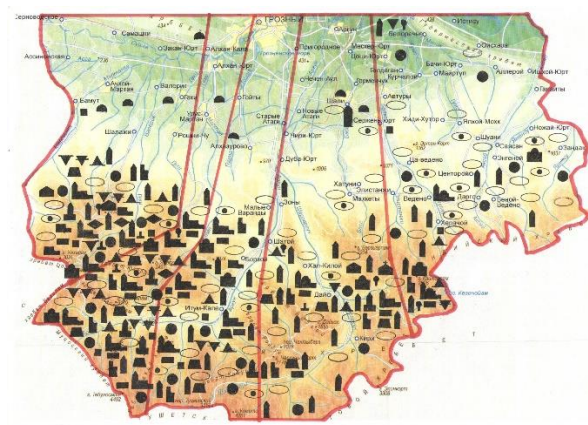
Рисунок 2.2 – Механизм программно-целевого подхода к сохранению объектов культурного наследия

Такой подход позволяет обеспечить системное финансирование, координировать работу различных ведомств, вовлекать местные сообщества в процессы сохранения наследия.

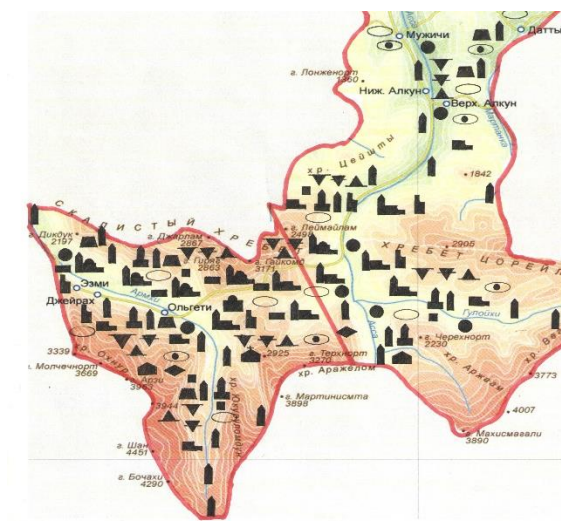
Комбинация системных механизмов управления жизненным циклом с программно-целевыми методами финансирования создаёт устойчивую модель сохранения башенных памятников истории и культуры.



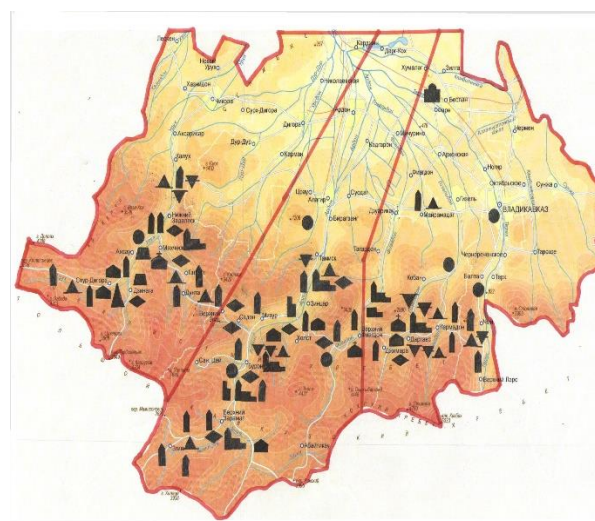
Республика Дагестан



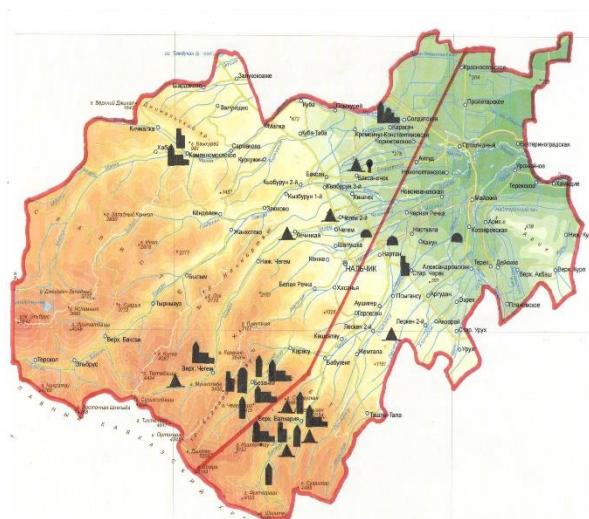
Чеченская Республика



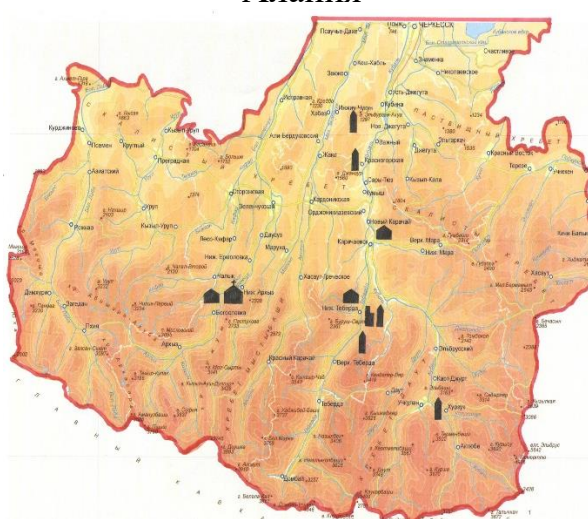
Республика Ингушетия



Республика Северная Осетия -
Алания



Кабардино-Балкарская Республика



Карачаево-Черкесская Республика

Рисунок 2.3 – Распределение объектов культурного наследия по субъектам СКФО

ЕДИНАЯ СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА

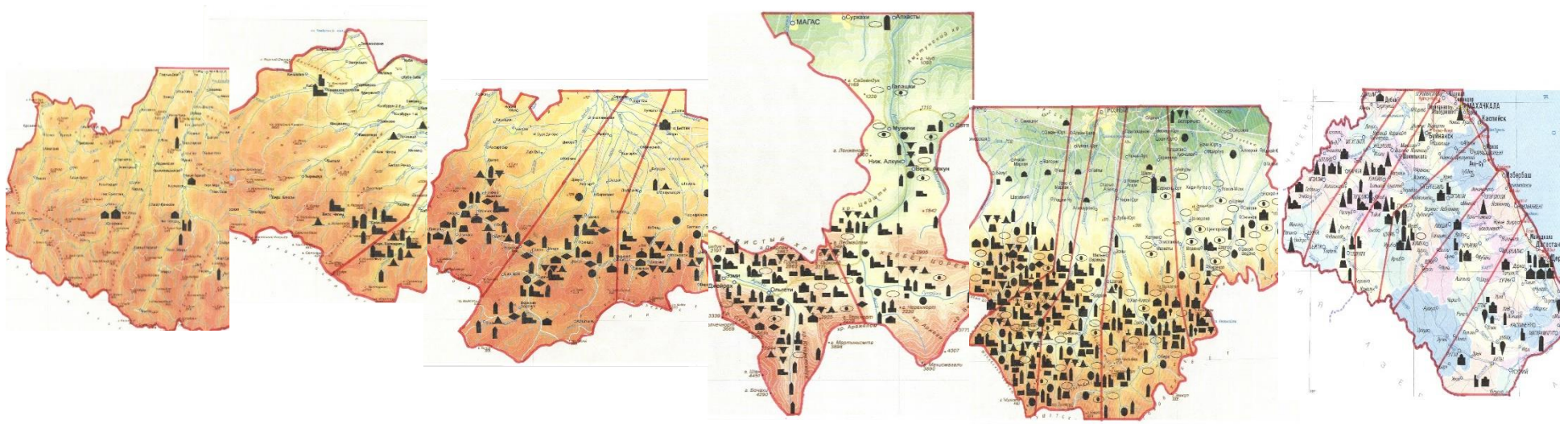


Рисунок 2.4 – Мегатуристический комплекс «Древний Кавказ»

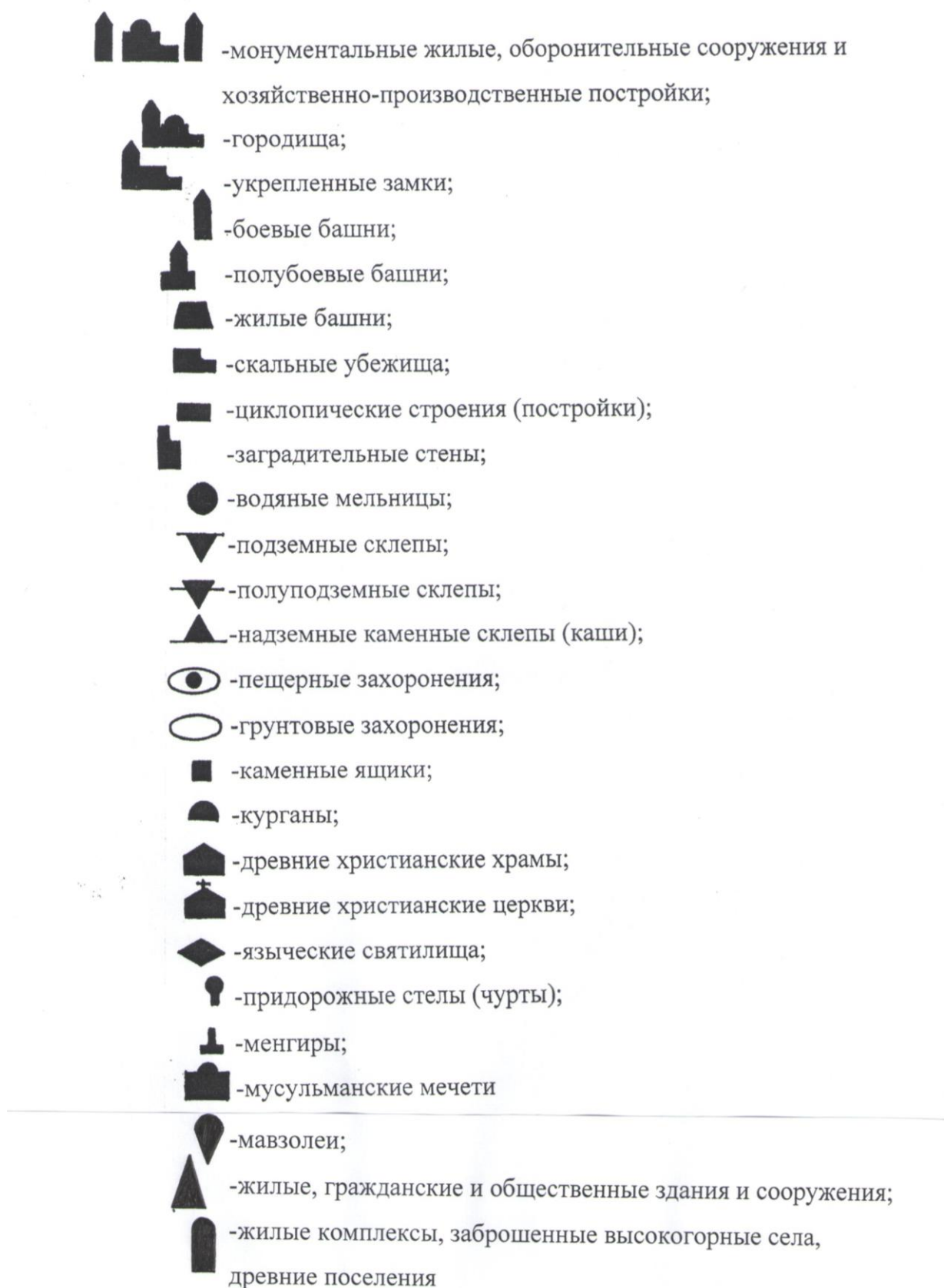


Рисунок 2.5 – Систематизация памятников истории и культуры СКФО (условные обозначения)



Рисунок 2.6 – Системные механизмы повышения устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия

Актуальным в настоящее время является национальный проект «Культура», представленный тремя федеральными проектами (Рисунок 2.7).

Согласно положениям статьи 33 Федерального закона от 25.06.2002 №73-ФЗ, все объекты культурного наследия, внесенные в Единый государственный реестр, подлежат обязательной государственной охране. Данная правовая норма устанавливает:

- обеспечение физической сохранности памятников;
- поддержание их историко-культурной ценности;
- защита от разрушения и повреждения;
- автоматическое распространение режима охраны после включения в реестр;

- обязательность соблюдения охранных требований для всех субъектов права;

- установление защитных зон;
- ограничение хозяйственной деятельности;
- контроль за состоянием объектов;
- ответственность за нарушения.

Реализация данной нормы закона обеспечивает правовые гарантии сохранения наследия, единые стандарты охраны, системный подход к защите памятников. Система государственной защиты объектов культурного наследия включает следующие ключевые направления деятельности:

- инвентаризация и учет: ведение государственного кадастра памятников, обладающих историко-культурной ценностью, формирование и актуализация единого реестра объектов наследия, разработка паспортов объектов культурного наследия (с вкладками техпаспортов с данными по техническому состоянию и потребности в проведении ремонтно-реставрационных работ (Приложение 9));

- охрannое зонирование: научная разработка охранных проектов; согласование и законодательное закрепление защитных зон для зарегистрированных памятников; определение перечня охраняемых элементов и характеристик объектов;

- территориальное регулирование: установление границ охраняемых территорий; определение режимов использования земель в охранных зонах;

- мониторинг состояния: проведение комплексных обследований (визуальных и инструментальных); диагностика технического состояния зарегистрированных объектов; оценка степени сохранности памятников.

Эти меры направлены на создание эффективной системы сохранения культурного наследия и обеспечение его передачи будущим поколениям.

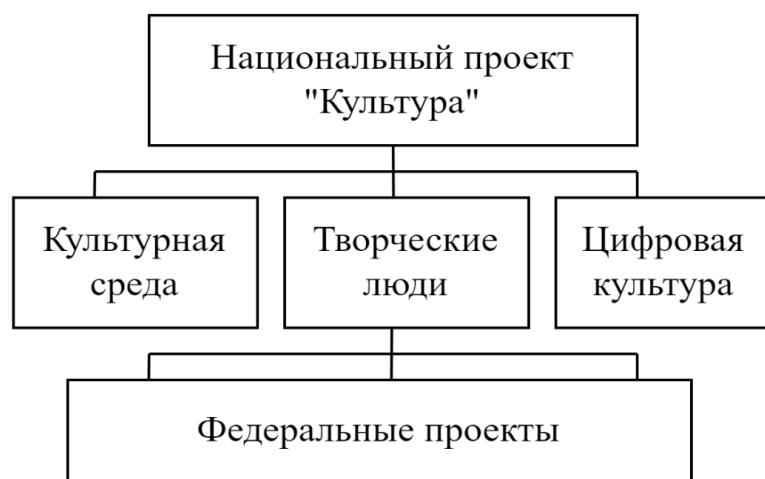


Рисунок 2.7 – Структура национального проекта «Культура»

Анализ, выполненный в рамках настоящих концептуальных положений, позволит выявить ряд острых проблем сохранения памятников истории и культуры:

- отсутствует законодательное определение многих объектов культурного наследия, включенных в систематизацию памятников истории и культуры (см. рисунок 2.5);
- действующая система учета и мониторинга памятников истории и культуры, с точки зрения повышения устойчивости их жизнедеятельности, несовершенна;
- мероприятия госохраны памятников истории и культуры направлены на объекты, зарегистрированные в едином государственном реестре, частично они касаются выявленных объектов и вовсе не касаются невыявленных, когда выявленных объектов культурного наследия на территории Чеченской Республики более 60%;
- действующие национальные проекты не предусматривают софинансирование из федерального бюджета объектов культурного наследия, используемых региональными и муниципальными учреждениями.

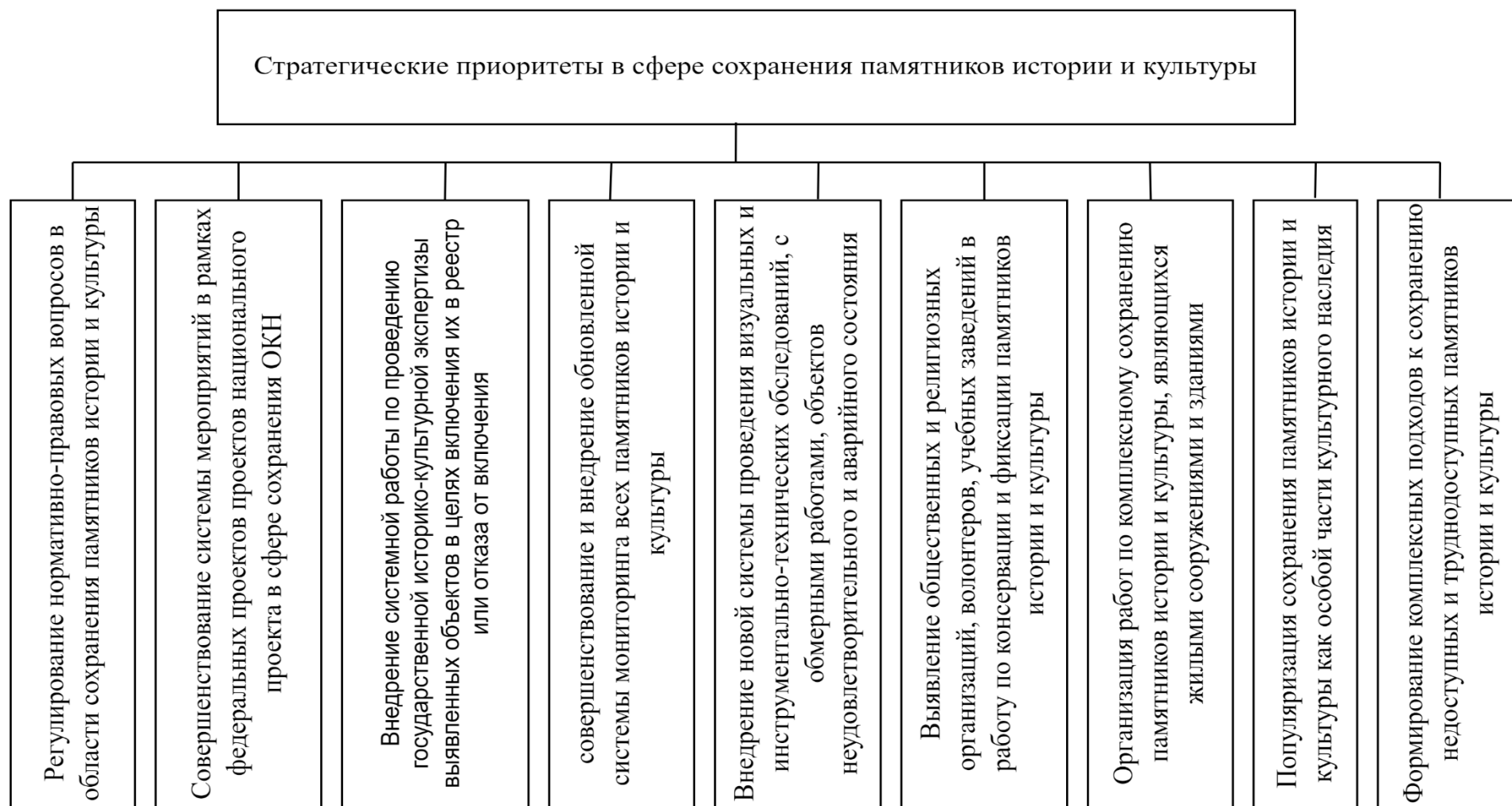


Рисунок 2.8 – Стратегические приоритеты в сфере повышения жизненного цикла памятников истории и культуры

Исполнительным органам власти субъектов СКФО необходимо уделять внимание на решение обозначенных проблем. В ходе реализации отдельных пунктов концептуальных положений определены стратегические приоритеты, представленные на рисунке 2.6.

Стратегические направления проекта «Мегатуристический комплекс «Древний Кавказ»»:

- архитектурно-реставрационная деятельность: комплексная реставрация памятников средневекового периода СКФО, воссоздание утраченных архитектурных элементов, научно обоснованная реконструкция объектов наследия;

- инфраструктурное развитие: создание многофункциональных музейных комплексов, разработка инвестиционных программ культурного туризма, организация деловых и образовательных площадок.

Приоритетные направления реализации:

- нормативно-правовое обеспечение: легализация правового статуса памятников, разработка финансовых механизмов (бюджетное софинансирование, частно-государственное партнерство, грантовые программы);

- консервация и реставрация: архивные изыскания, натурные обследования, разработка проектной документации. Ландшафтное восстановление: реконструкция исторической среды, благоустройство охранных зон;

- культурно-туристическое развитие: создание уникального образа комплекса, разработка концепции позиционирования, интеграция памятников в туристические маршруты, создание инфраструктуры показа объектов.

Проект предусматривает комплексный подход, объединяющий задачи сохранения наследия с перспективами социально-экономического развития региона через механизмы культурного туризма.

2.2. Методологические основы оценки технического состояния

2.2.1. Физическое старение объектов культурного наследия

Для комплексного анализа устойчивости жизненного цикла памятников башенного типа на всех стадиях существования - от предпроектных исследований до завершающих этапов - ключевым показателем является степень физического износа [131]. Данный параметр требует постоянного мониторинга на следующих этапах:

- подготовительные работы: инвестиционное планирование, инженерные изыскания (геодезические, геологические, конструктивные);
- проектный цикл: архитектурно-художественное проектирование, разработка организационно-технологических решений;
- реставрационно-строительные работы: консервационные мероприятия, восстановительные работы (ремонт, реставрация, реконструкция);
- эксплуатационная фаза: текущее содержание, капитальные ремонты;
- завершающие этапы: вывод из эксплуатации, демонтажные работы, утилизационные мероприятия.

Физический износ выступает интегральным показателем, определяющим:

- техническую безопасность объекта;
- приоритетность реставрационных мероприятий;
- объем необходимых финансовых вложений;
- выбор оптимальных технологических решений.

Данный критерий требует регулярной оценки с применением современных диагностических методик для обеспечения научно обоснованного управления жизненным циклом объектов наследия.

Нормативные сроки службы памятников истории и культуры I-VI групп капитальности, разработанные по аналогии с нормативными сроками службы жилых зданий представлены в таблице 2.1. Приведенные в таблице 2.1 сроки дают общее представление о устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия башенного типа на стадии эксплуатации.

Таблица 2.1 – Нормативные сроки службы памятников истории и культуры башенного типа

№№ п.п.	Группа капиталь- ности	Характеристика памятников истории и культуры	Усредненный срок службы
1	2	3	4
1	I	Каменные особо капитальные: фундаменты каменные, стены каменные, покрытие и своды каменные	150
2	II	Каменные обыкновенные: фундаменты каменные, стены каменные, каменные своды, покрытие каменное, покрытие деревянные	125
3	III	Каменные облегченные: стены каменные, своды каменные, перекрытия деревянные	100
4	IV	Деревянные рубленые и брусчатые, смешанные сырцовые, фундаменты бутовые, стены рубленые, брусчатые и смешанные, сырцовые, перекрытые деревянные	50
5	V	Каркасные, глинобитные и саманные, фундаменты на деревянных стульях или бутовых столбах, стены каркасные, глинобитные; перекрытия деревянные	30
6	VI	Каркасно-камышитовые, глинобитные и прочие облегченные	15

Критерием устойчивости жизненного цикла, характеризующими техническое состояние памятника истории и культуры, является физическое старение. Физическое старение – это снижение (или утрата) исходных технико-экономических показателей объекта вследствие воздействия природных, климатических и техногенных факторов [131], включая факторы деградации объектов культурного наследия.

В процессе длительного существования памятники истории и культуры подвергаются комплексному воздействию деструктивных процессов, приводящих к утрате их технико-эксплуатационных характеристик:

1. Механизмы разрушения конструктивных элементов:

- постепенная деградация несущих, ненесущих и самонесущих конструкций;

- утрата ключевых физико-механических свойств;
- снижение прочностных характеристик;
- потеря конструктивной жесткости;
- снижение трещиностойкости;
- возникновение недопустимых деформаций.

2. Деструктивные факторы воздействия:

- химические процессы (коррозия, выветривание);
- физико-механические нагрузки (температурные колебания, осадки);
- биологические повреждения (микроорганизмы, растительность).

3. Ключевые параметры износа:

- интенсивность эксплуатации или консервации;
- степень соблюдения регламентов содержания;
- влияние локальных природно-климатических условий;
- эффективность применяемых методов обслуживания;
- текущие ремонтные работы;
- комплексные реставрационные мероприятия;
- системы профилактического обслуживания.

Особую значимость приобретает дифференцированный подход к сохранению различных компонентов памятника:

- основных конструктивных систем;
- архитектурных элементов;
- декоративных деталей;
- инженерных коммуникаций.

Скорость старения объектов напрямую зависит от качества реализации охранных мероприятий и адаптивности применяемых методик к конкретным условиям эксплуатации.

В практике управления жизненным циклом объектов культурного наследия известны устранимое и неустраняемое физические старения, которые, соответственно, составляют две стадии физического старения. На первой стадии ухудшаются технико-экономические показатели этапа эксплуатации жизненного цикла памятника, что приводит к падению потребительских свойств и качеств вследствие возрастания сбоев и отказов в работе конструктивных элементов, в результате снижается срок эксплуатации памятника, повышаются эксплуатационные затраты, т.е. затраты на ремонт, реставрацию и реконструкцию. Неустраняемое физическое старение приводит к завершению эксплуатационного этапа жизненного цикла памятника. За этим этапом следует этап сноса и утилизации жизненного цикла памятника истории и культуры.

В теории существуют методики нелинейного расчета неустраняемого физического старения, в которых зачастую степень нелинейности является функцией качества этапа эксплуатации жизненного цикла памятников [126, 145, 169].

В результате силового воздействия на памятник при его функционировании система переходит в объемное напряженное состояние, а если еще присовокупить агрессивное воздействие окружающей среды, то памятник быстро изнашивается и переходит на последний этап жизненного цикла – вывод из эксплуатации, сном и утилизация.

В практике встречается еще и коррозионное снижение прочности и разрушение структуры памятника под воздействием агрессивной среды, изменяющей структуру и свойства материалов. Также явления и агрессивные вещества, вызывающие коррозию и разрушение, относят к стимуляторам коррозии, а явления и вещества, замедляющие и затрудняющие коррозию и разрушение относят к ингибиторам коррозии.

Установлены три фазы этапа эксплуатации жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, которые представлены на

рисунке 2.9, и динамика физического старения в виде схем (Рисунок 2.10 и 2.11).



Рисунок 2.9 – Фазы общего процесса физического старения памятника истории и культуры башенного типа

К памятнику башенного типа в зависимости от эксплуатационных требований и технического состояния используются временные интервалы, приведенные на рисунке 2.12. Характеристики интервалов времени при расчете надежности жизненного цикла представлены на рисунке 2.13. Качественная оценка технического состояния памятника, потребность в ремонте, реставрации и реконструкции приведены в таблице 2.2.

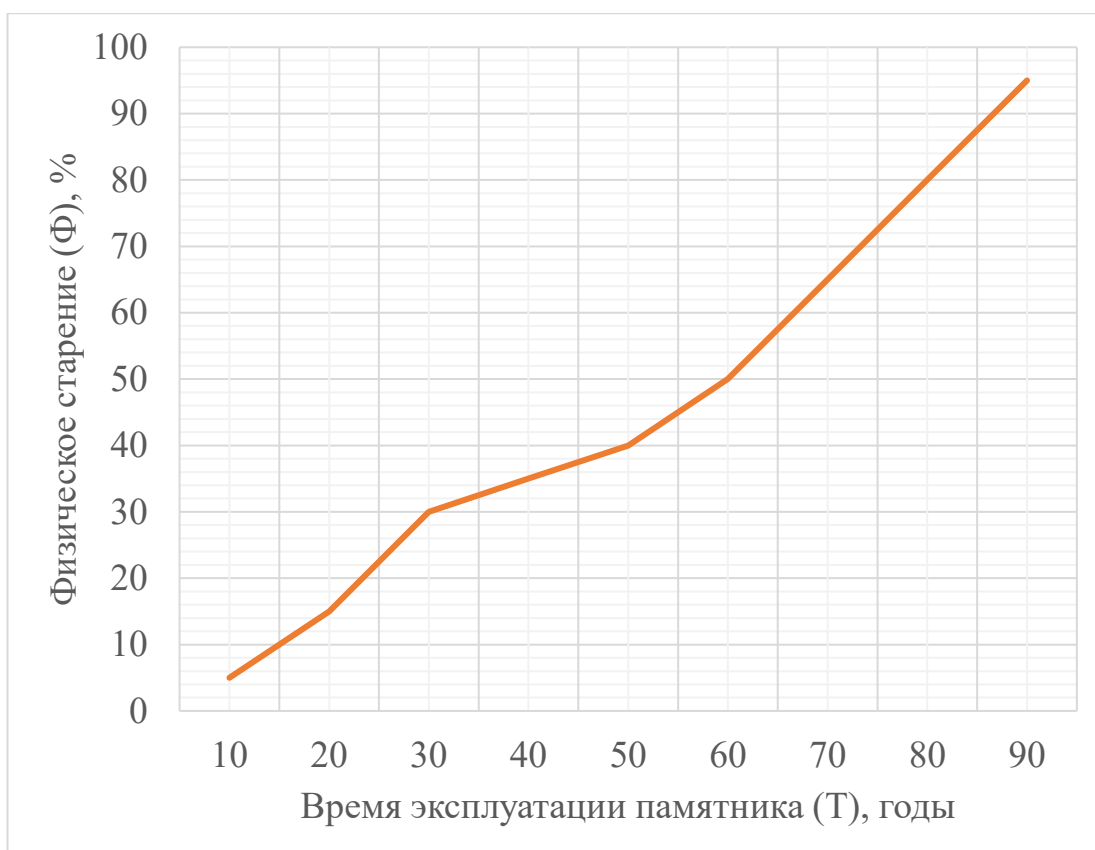


Рисунок 2.10 – Динамика физического старения на этапе эксплуатации жизненного цикла памятника истории и культуры башенного типа (время эксплуатации: 0-30% - I фаза; 31-70% - II фаза; 71-100% - III фаза)

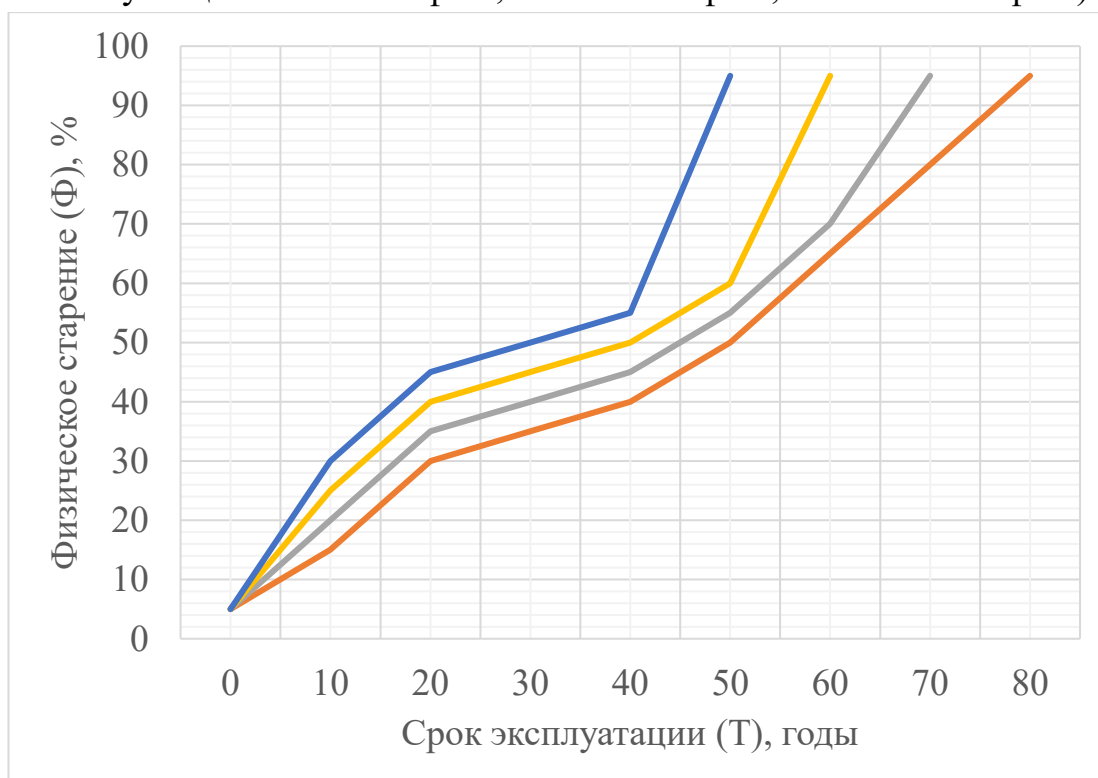


Рисунок 2.11 – Физическое старение конструктивных элементов памятника истории и культуры башенного типа I – IV групп капитальности

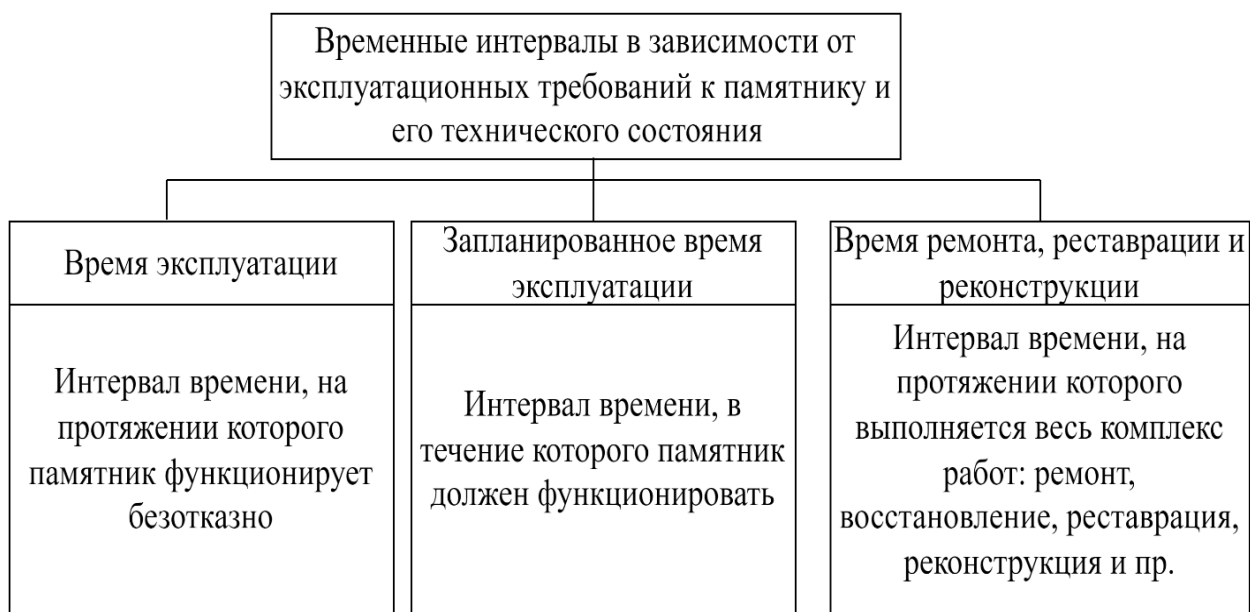


Рисунок 2.12 – Временные интервалы на основных этапах жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа



Рисунок 2.13 – Характеристики интервалов времени при расчете надёжности жизненного цикла памятника истории и культуры башенного типа

Таблица 2.2 – Оценка технического состояния памятника истории и культуры башенного типа на этапе эксплуатации
жизненного цикла

NN п.п.	Категории технического состояния памятника	Физический износ, %	Характер повреждений	Качественная оценка технического состояния	Условия эксплуатации	Потребность в ремонте, реставрации и реконструкции	Снижение несущей способ- ности, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0-10	Отсутствие повреждений и видимых дефектов	Отвечает предъявленным эксплуатационным требованиям	Хорошие	нет	нет
2	2	11-20	Волосяные и мелкие трещины до 0,3 мм в несущих конструкциях. Незначительное растрескивание штукатурки	Не в полной мере отвечает эксплуатационным требованиям	Нормальные (удовлетвори тельные)	Профилактический ремонт с заделкой трещин и швов	До 15
3	3	21-30	Трещины до 2.0 мм, отслоение штукатурки местное	Не в полной мере отвечает эксплуатационным требованиям	Повреждени я, не вызывающие нарушений	Текущий ремонт, реставрация без, усилений	до 20
4	4	31-40	Локальные деформации, трещины до 10 мм,	Деформации и дефекты, снижающие несущую	Частичная приостановк а	Ремонт и реставрация с усилением	до 30

			отслаивание штукатурки	способность памятника	эксплуатаци и		
5	5	41-60	Массовые трещины (до 25%) с шириной раскрытия 3-5 мм. Деформации несущих конструкций	Деформации и дефекты, снимающие несущую способность конструкций. Необходимо выполнение страховочных мероприятий. Состояние технического неисправное	Приостановк а эксплуатаци и памятника	Ремонт, реставрация и реконструкция с усилением памятника в целом	До 40
6	6	61-80	Массовые трещины с шириной раскрытия 5-10 мм. Потеря прочности, жесткости и устойчивости отдельных элементов памятника	Деформации и дефекты, снимающие несущую способность памятника в целом. Состояние памятника – аварийное. Необходимы экстренные противоаварийные мероприятия.	Поврежде- ния и дефекты, приводящие к полной потере эксплуатац- ионных характерис- тик памятника	Ремонт, восстановление и реставрация нецелесообразны. Разработка и снос памятника	50 % и более

2.2.2. Моральное старение объектов культурного наследия

При функционировании памятник истории и культуры подвергается не только физическому старению, но и моральному, которое происходит независимо от физического износа и связано со снижением и утратой эксплуатационных свойств и качеств, вызванных нормативными требованиями на отдельный промежуток времени [9, 12, 19]. Моральное старение для объекта культурного наследия имеет опосредованное значение, так как за истечением 50-100 летнего периода времени, сохранившийся объект может приобрести статус памятника истории и культуры и в этом случае понятие морального износа на данный памятник истории и культуры не распространяется. Однако учитывать фактор морального старение объекта, как такового, необходимо только для дополнительно смонтированного внутри памятника для нужд эксплуатации оборудования, конструкций, приборов и систем инженерного обеспечения.

Таким образом, моральное старение памятника истории и культуры имеет две формы: первая (M_1) и вторая (M_2).

Известно, что научно-технический прогресс приводит к удешевлению строительства, что приводит к обесцениванию ранее введённых в эксплуатацию объектов, которых можно обозначить как памятники за истечением времени:

Это обстоятельство имеет большое значение для сохранения памятника, так как подобные объекты не подлежат реализации на рынке, следовательно, имеем выражение

$$M_1 = (1 - \varphi) \cdot C_{\text{ст}}. \quad (2.1)$$

Из выражения (2.1) обособим показатель первой формы морального старения (Π_1), т.е.

$$\Pi_1 = 1 - \varphi. \quad (2.2)$$

Следовательно, выражение (2.1) запишем следующим образом

$$M_1 = \Pi_1 \cdot C_{\text{ст}}, \quad (2.3)$$

где Π_1 – показатель первой формы морального износа;

φ – отношение стоимости нового объекта (C_n) и старого объекта $C_{ст}$.

Таким образом

$$\varphi = \frac{C_n}{C_{ст}}. \quad (2.4)$$

Методологические аспекты оценки морального старения объектов культурного наследия:

1. Особенности второй формы морального старения (M2):

- качественная специфика: обусловлено несоответствием современным нормативным требованиям (конструктивным, санитарным, объемно-планировочным);

- универсальный характер: присуще всем типам памятников без исключения;

- индивидуальность проявления: требует персонифицированного подхода к оценке.

2. Методика количественной оценки:

- формула расчета:

$$M_2 = P_2 \cdot C = K_m, \quad (2.5)$$

где C – первоначальная стоимость объекта;

P_2 – коэффициент второй формы старения;

K_m – капитальные вложения в модернизацию (реставрация, реконструкция, адаптация).

3. Сравнительный анализ форм старения:

- первая форма (M1): не требует финансовых затрат на устранение;

- вторая форма (M2): неизбежно связана с инвестициями в модернизацию. Важное ограничение: затраты на устранение M2 не должны превышать стоимость нового строительства аналога.

Интегральная оценка износа:

Совокупный показатель рассчитывается как:

$$M_{сум} = M_1 + M_2 = P_1 \cdot C_{ст} + P_2 \cdot C. \quad (2.6)$$

С учетом выражения (2.2) показатель P_1 можно записать в виде:

$$\Pi_1 = 1 - \varphi = \frac{C}{C_{\text{ст}}}. \quad (2.7)$$

Тогда выражение (2.6) запишется в виде:

$$M_{\text{сум}} = (C_{\text{ст}} - C) + K_{\text{м}}, \quad (2.8)$$

где $(C_{\text{ст}} - C)$ – обесценивание объекта в результате научно-технического прогресса;

$K_{\text{м}}$ – капитальные вложения, направленные на проведение ремонтных, восстановительных, реставрационных и реконструкционных работ объекта культурного наследия.

Моральное старение памятников может быть компенсировано посредством:

- планового ремонта;
- научно обоснованной реставрации;
- архитектурной реконструкции, позволяющей адаптировать объект к современным требованиям.

Оба варианта сохраняют исходный смысл, но представлены в более структурированной и академически корректной форме.

Оценивая различные формы обновления памятника как объекта, можно отметить, что ремонт, реставрация, реконструкция и модернизация дают наибольшее снижение физического и морального старения памятника. Научно-технический прогресс приводит к ускоренному моральному старению в классическом варианте, которая проявляется в росте качеств объекта, как памятника истории и культуры.

Ярким примером могут служить панельные жилые здания ранних серий, построенные в период 1950-1960-х годов. Несмотря на более чем полувековую эксплуатацию, данные сооружения сохраняют удовлетворительное состояние несущих конструкций. Однако их технико-экономические характеристики существенно устарели, что проявляется в:

- несоответствии современным требованиям энергоэффективности, планировочным решениям, инженерному оснащению;

- устаревших архитектурных решениях;
- низком уровне комфорта по современным стандартам.

Данный пример наглядно демонстрирует феномен морального старения строительных объектов, когда физическая сохранность конструкций не гарантирует соответствия актуальным эксплуатационным требованиям [12, 14, 19]. Но, хотя по сроку службы один из этих домов можно отнести к памятнику, их сносят под новое строительство. Это обстоятельство является лишним подтверждением отсутствия системного подхода как в теории, так и в практике формирования и функционирования памятников истории и культуры в условиях интенсивного воздействия фактора морального старения на этапе эксплуатации жизненного цикла.

2.3. Методологический подход к оценке факторов, влияющих на жизненный цикл памятников истории и культуры

Несмотря на расположение большинства памятников истории и культуры Северо-Кавказского федерального округа в горных экосистемах с относительно благоприятной экологической обстановкой, интенсивное освоение горных территорий и развитие промышленности усиливают негативное воздействие природно-климатических факторов. Особого внимания заслуживает дифференцированное влияние на окружающую среду производство различных строительных материалов.

Характеристики воздействия окружающей среды:

- амбивалентный характер влияния: положительное воздействие (на гидравлические вяжущие - увлажнение способствует набору прочности), деструктивное влияние (на металлические конструкции - вызывает коррозионные процессы);
- классификация агрессивных агентов (согласно СНиП 2.03.11-85): по агрегатному состоянию (твердые, жидкие, газообразные), по характеру воздействия (химические, физико-химические, биологические).

Разрушение объектов культурного наследия проявляется в различных формах (рис. 2.14), включая:

- механическую деградацию;
- химическую коррозию;
- биологическое поражение;
- структурные изменения материалов.

Особую опасность представляет комбинированное воздействие природных и антропогенных факторов, ускоряющее процессы деструкции памятников архитектуры. Это требует разработки специальных защитных мер с учетом специфики строительных материалов и местных климатических условий.

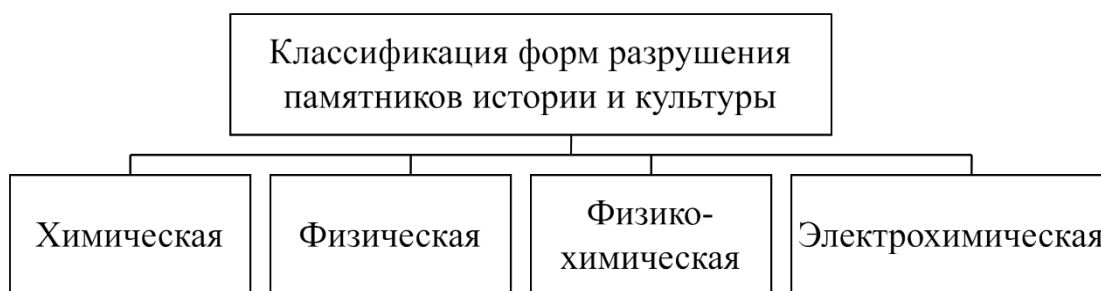


Рисунок 2.14 – Классификация форм разрушения объектов культурного наследия башенного типа

Факторы деградации объектов культурного наследия, комплексный анализ.

1. Газообразные агрессивные среды.

Критерии оценки:

- химический состав (CS_2 , CO_2 , SO_2 и др.);
- физико-химические параметры - растворимость в водных средах, реакционная способность;
- условия воздействия - влажность (критический уровень $> 60\%$), температурный режим, концентрация загрязнителей.

2. Жидкие агрессивные агенты.

2.1. Неорганические соединения - кислотные растворы ($\text{pH} < 7$), щелочные составы ($\text{pH} > 7$), солевые растворы.

2.2. Органические соединения - углеводородные смеси, технологические жидкости.

Параметры воздействия:

- гидродинамические характеристики;
- химическая активность;
- температурный фактор.

3. Твердые агрессивные вещества:

- гранулометрический состав;
- гигроскопичность;
- влажностный режим;
- растворимость компонентов.

4. Атмосферные воздействия - загрязненный воздух:

- кислотные оксиды (SO_2 , CO_2);
- аэрозольные частицы;
- влажно-температурные колебания.

4.1. Последствия:

- коррозионные процессы;
- структурные дефекты;
- ускоренное старение материалов.

5. Гидрогеологическое воздействие:

- капиллярный подъем влаги;
- химическая агрессивность грунтовых вод;
- классификация по степени минерализации.

6. Криогенные факторы - механизм разрушения:

- циклы замораживания-оттаивания;
- льдообразование в порах материалов;
- напряженно-деформированное состояние конструкций.

Представленный анализ демонстрирует комплексный характер воздействия окружающей среды на объекты культурного наследия. Для эффективного сохранения памятников требуется:

- разработка дифференцированных защитных мер;
- регулярный мониторинг состояния;
- адаптация реставрационных технологий;
- учет специфики местных условий.

[Рисунок 2.15] иллюстрирует классификацию агрессивных грунтовых вод по химическому составу и степени воздействия на строительные материалы.



Рисунок 2.15 – Типы агрессивности грунтовых вод в соответствии со СНиП 2.03.11-85

Оценка физического старения объектов культурного наследия.

1. Концепция нормального старения - процесс естественной деградации памятников архитектуры, проходящих регулярные ремонтно-реставрационные мероприятия, квалифицируется как нормальное физическое старение. Данный процесс характеризуется:

- постепенной утратой первоначальных технико-эксплуатационных характеристик;
- изменением физических параметров материалов;
- сохранением основных функциональных качеств объекта.

2. Методы диагностики, определение степени старения осуществляется посредством:

- визуального осмотра (выявление явных дефектов);
- инструментальных исследований (точные измерения параметров) [53, 54].

3. Количественная оценка для башенных сооружений. Степень физического износа (C_{ϕ}) рассчитывается по специальной математической модели, учитывающей:

- возраст объекта;
- интенсивность эксплуатации;
- качество проводимых реставрационных работ;
- внешние воздействующие факторы.

4. Критерии оценки физического старения проявляется через:

- потерю прочностных характеристик;
- изменение геометрических параметров;
- деформацию конструктивных элементов;
- ухудшение эксплуатационных качеств.

Для точного расчета степени износа применяются специализированные методики, адаптированные к особенностям башенных исторических сооружений.

Для расчета физического старения памятника истории и культуры башенного типа (C_{ϕ}) можно использовать следующую математическую зависимость:

$$C_{\phi} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{C_{ki}}{100}, \quad (2.9)$$

где m_i – доля восстановительной стоимости i -го конструктивного элемента в общей стоимости памятника;

C_{ki} – степень физического износа i -го конструктивного элемента, %;

n – количество конструктивных элементов объекта.

Для оценки износа отдельного конструктивного элемента (C_k) применяется соответствующая методика расчета:

$$C_k = \sum_{i=1}^{i=k} C_i \frac{\Pi_i}{\Pi_k}, \quad (2.10)$$

где C_k – интегральный физический износ конструкции, %;

C_i – локальный износ участка конструкции, %;

Π_i – площадь или длина оцениваемого участка (m^2 или m);

Π_k – общая площадь или длина конструкции (m^2 или m);

k – количество оцениваемых участков.

Для многослойных грунтовых покрытий (C_c) применяется аналогичный принцип расчета.

$$C_c = \sum_{i=1}^{i=l} C_i \cdot b_i, \quad (2.11)$$

где C_c – интегральный физический износ многослойного покрытия, %;

C_i – физический износ i -го слоя покрытия, %;

n – количество слоев покрытия;

b_i – весовой коэффициент i -го слоя, определяемый как отношение стоимости материала слоя (Π_c) к стоимости всего памятника (Π_n):

$$b_i = \frac{\Pi_c}{\Pi_n}.$$

Для памятников, достигших нормативного срока эксплуатации, характерен физический износ в диапазоне 70–80%. Такой уровень деградации объекта служит объективным основанием для проведения комплекса восстановительных мероприятий, включающих:

- ремонтные работы;
- реставрационные мероприятия;
- реконструкцию;
- модернизацию.

Данные меры направлены на компенсацию физического износа сооружения. Следует отметить, что:

- интенсивность накопления физического износа подчиняется единым закономерностям для всех конструктивных элементов памятника;

- динамика процесса старения представляет собой временную функцию, зависящую от:

- общего срока эксплуатации объекта;
- периода службы отдельных конструктивных элементов.

При этом скорость физического старения определяется совокупностью факторов внешнего воздействия и внутренних характеристик строительных материалов.

2.4. Мониторинг технического состояния памятников истории и культуры на этапах жизненного цикла

Важную роль в организации управления жизненным циклом объектов культурного наследия играет сравнение их технического и функционального состояния с действующими стандартами и принятыми критериями [23, 42, 53, 54, 67, 71, 72]. Мониторинг технического состояния памятников башенного типа предполагает постоянное и планомерное наблюдение за техническим состоянием фонда памятников и сравнение данного уровня с нормативными требованиями. Мониторинг также предполагает разработку перспективных планов и оптимизационных моделей управления жизненным циклом памятников с целью повышения эффективности их ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации.

Данные визуального и инструментально-технического обследования памятников истории и культуры служат основой для информационного сопровождения долгосрочного планирования реставрационных, ремонтных и реконструкционных мероприятий. Такие обследования проводятся по особой методике, созданной специалистами КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН [43]. Полномасштабная диагностика позволяет выявить степень физического и морального износа каждого объекта.

Особого внимания требуют памятники с ослабленными несущими конструкциями и деформациями, возникшими из-за просадки фундаментов и оснований. Для таких объектов необходимо проводить всестороннее

исследование, объединяющее инженерно-технические, геодезические, геофизические и инженерно-геологические работы. Это позволит разработать меры по повышению эксплуатационной безопасности и технической надежности сооружений.

К основным критериям мониторинга технического состояния объектов культурного наследия башенного типа относятся параметры, представленные на схеме (Рисунок 2.16). При отклонении мониторинговых параметров от действующих требуемых значений и норм следует разработать специальные мероприятия, предусматривающие определенный порядок действий по выводу памятника из состояния устойчивого неравновесия.

Мониторинг состояния объектов культурного наследия наглядно показывает основные недостатки и достоинства системы управления по основным этапам жизненного цикла.



Рисунок 2.16 – Критерии мониторинга состояния объектов культурного наследия на основных этапах их жизненного цикла

На первом этапе мониторинга производится анализ фонда памятников по времени постройки, числу строений, общей площади, материалу несущих конструкций, техническому состоянию и группе капитальности. На данном этапе, можно сказать, производится своего рода инвентаризация фонда памятников истории и культуры для получения и пополнения базы данных.

Второй этап мониторинга – это разработка генеральной стратегии управления техническим состоянием памятников на основе полученной в

рамках первого этапа мониторинга базовой информации по времени постройки, этажности, материалу несущих конструкции и техническому состоянию памятников.

Главной целью второго этапа мониторинга является сохранение фонда памятников истории и культуры путем выполнения мероприятий по этапам жизненного цикла, представленным на рисунке 2.17, достигнуть которую возможно при помощи разработки оптимизационных моделей управления техническим состоянием фонда памятников на основе оптимизации финансовых средств и затрат.

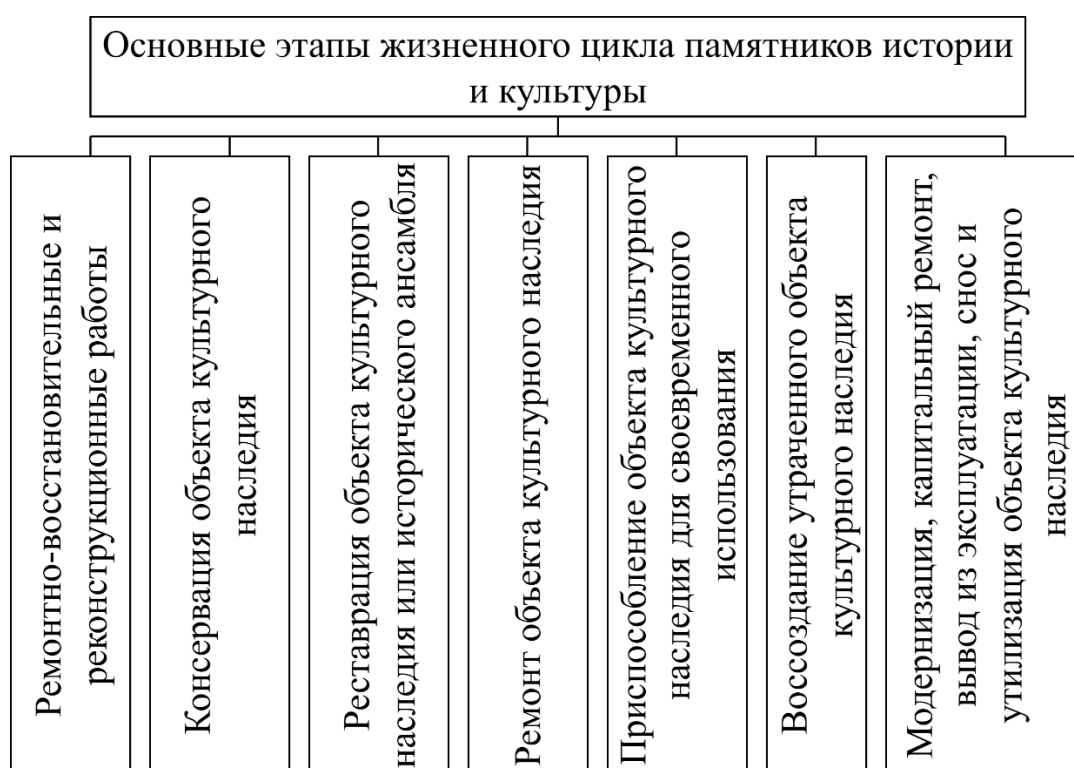


Рисунок 2.17 – Этапы жизненного цикла объектов культурного наследия башенного типа

При оценке методов и инструментов достижения ключевой задачи на этапе мониторинга, который проводится не реже одного раза в пять лет, важно соотносить финансовые параметры оптимизационной модели с фактическими расценками и издержками, связанными с обслуживанием, ремонтом, восстановлением, реставрацией, реконструкцией и обновлением объектов

культурного наследия. Также необходимо учитывать возможные альтернативные ресурсы и способы реализации поставленной цели.

Этап 1. Индивидуальный анализ и планирование.

Для каждого памятника разрабатывается индивидуальный план технического обслуживания, включающий:

- проведение комплексного инструментального обследования;
- сравнительный анализ фактического состояния конструкций с нормативными требованиями;
- формирование экспертного заключения о текущем техническом состоянии объекта.

Этап 2. Системное стратегическое планирование.

На основании данных индивидуальных обследований создается:

- интегрированная стратегия технического обслуживания всего фонда памятников;
- оптимизационная модель, основанная на программно-целевом подходе, принципах системности и преемственности, долгосрочном планировании;
- экономико-математические модели распределения ресурсов.

Разработанная система позволяет:

- формировать единые стандарты сохранения культурного наследия;
- принимать обоснованные решения по текущему содержанию отдельных объектов, стратегическому развитию всего фонда памятников;
- планировать восстановительные мероприятия на периоды на 5-10 лет (среднесрочная перспектива); до 15 лет (долгосрочное планирование).

Данная методика обеспечивает научно обоснованный подход к сохранению культурного наследия, сочетающий индивидуальный анализ каждого объекта с системным управлением всем фондом памятников региона.

При расчетах учитываются:

- текущее состояние объектов;
- естественные процессы старения;

- необходимость ремонтных и реставрационных работ;
- объемы финансирования и возможные источники средств.

Ежегодный мониторинг позволяет корректировать планы жизненного цикла памятников с учетом их физического износа. Особое внимание уделяется объектам с критическими повреждениями несущих конструкций.

На заключительной стадии составляется финансовый план мероприятий по ремонту, реставрации и реконструкции, направленных на повышение эксплуатационной безопасности и надежности памятников. Финансирование может осуществляться за счет различных институциональных источников и бюджетов разных уровней.

В рамках мониторинга технического состояния объектов культурного наследия башенного типа выполняется комплексные инженерно-технические исследования, содержание которых представлено на рисунке 2.18.

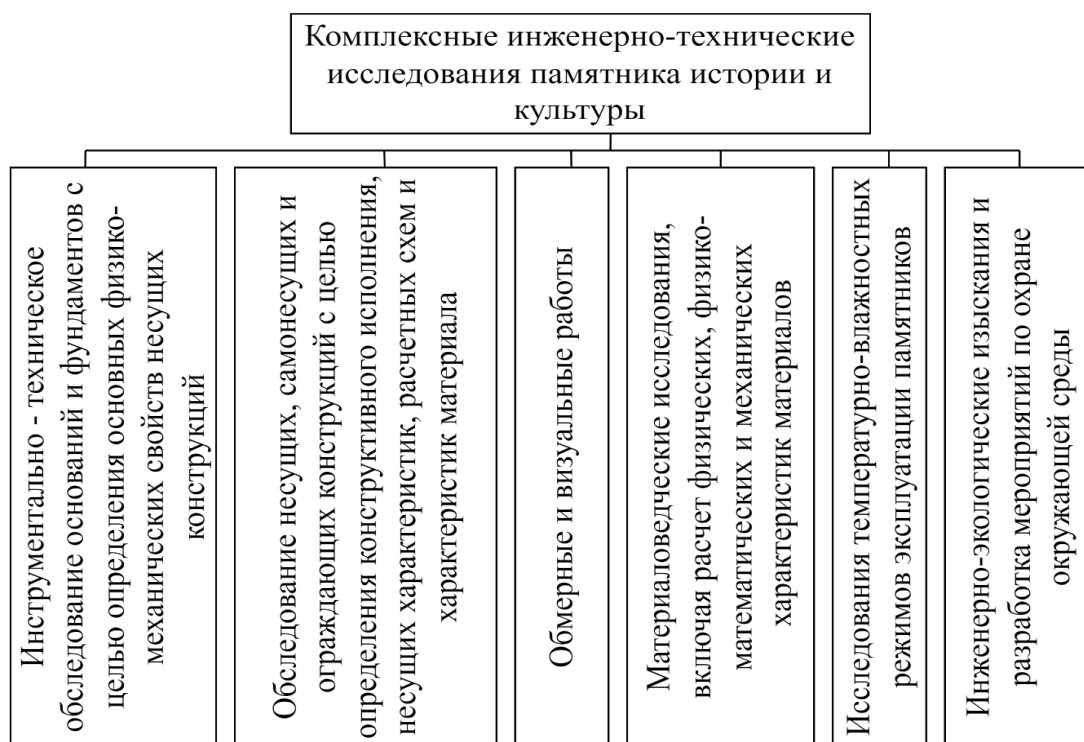


Рисунок 2.18 – Состав и содержание комплексных инженерно-технических исследований памятника истории и культуры башенного типа



Рисунок 2.19 – Детальные инженерно-технические обследования памятников истории и культуры башенного типа на основных этапах их жизненного цикла

В рамках выполнения исследований проводят детальные инженерно-технические обследование, включающие полный охват памятника, либо выборочный участок, фрагмент или отдельный конструктивов (Рисунок 2.19).

В работе введено понятие «комплексный мониторинг объектов культурного наследия». Комплексный мониторинг объектов культурного наследия включает мониторинг технического состояния ОКН, мониторинг экологических факторов и мониторинг инженерно-геологических условий. Мониторинг, как таковой – это наблюдение за состоянием и функционированием объекта культурного наследия. Он играет важную роль в организации управления памятниками истории и культуры для сравнения их функционального состояния с принятыми стандартами и критериями.

В соответствии с разработанной методикой структура режимов мониторинга технического состояния ОКН включает в себя три составляющие: режим планового мониторинга, особый режим мониторинга на объектах культурного наследия, имеющих деформации в результате неравномерных осадок грунтов основания, особый режим мониторинга вводится на объектах, находящихся в зоне влияния объектов нового высотного строительства (рисунок 2.20).

Основными источниками, формирующими информационное обеспечение перспективного планирования, являются материалы сплошного обследования всего жилищного фонда. По результатам обследования определяются физический и моральный износ каждого здания, выявляются объекты, имеющие деформации в результате неравномерных осадок основания. Они относятся в отдельную категорию и требуют проведения комплексного обследования, включающего в себя инженерно-геологические изыскания, геодезические наблюдения в себя и при необходимости разработки проекта повышения эксплуатационной надежности. На объектах, имеющих деформации, вводится «особый режим мониторинга». Также особый режим мониторинга вводится на объектах, находящихся в зоне влияния объектов нового высотного строительства.

В случае отклонения мониторинговых параметров от выбранных критериев и норм необходимо выработать порядок действий и проведения неотложных мер.

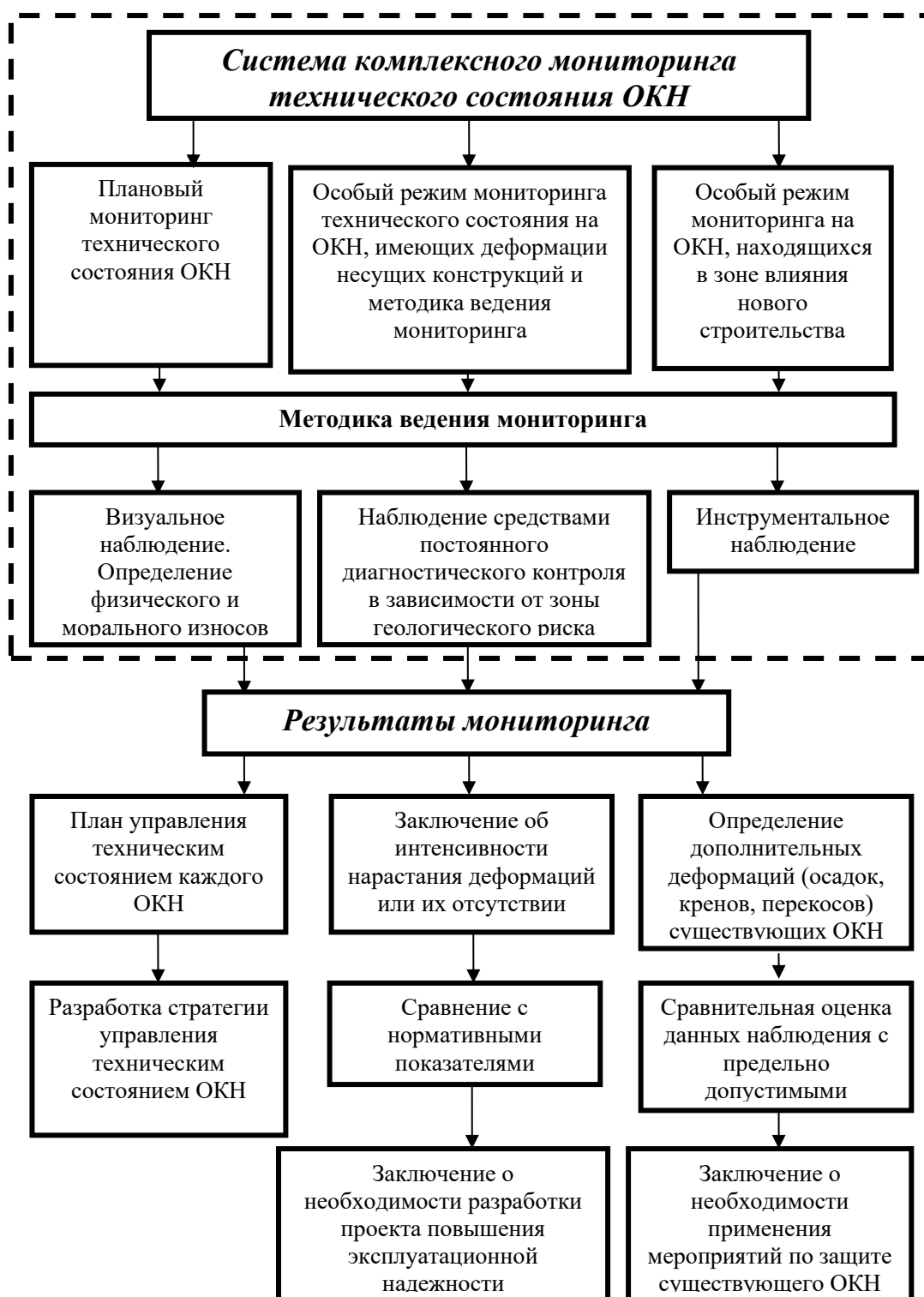


Рисунок 2.20 – Структура режимов мониторинга технического состояния объекта культурного наследия

Для большинства регионов Юга России необходимо учитывать сложные инженерно-геологические и экологические условия территорий и разрабатывать мероприятия по улучшению технического состояния объектов культурного наследия с учетом геологического и экологического рисков.

Методика ведения мониторинга геологической среды включает в себя использование современных геоинформационных технологий для построения и постоянного обновления электронных карт, содержащих сведения об опасных геологических процессах, имеющих место на территории муниципального образования. К последним относятся лёссовые просадочные грунты, оползневые зоны, суффозии, карсты, подработки и др., оказывающие негативное влияние на техническое состояние памятников истории и культуры, расположенных в таких зонах.

Геологическая среда является динамичной системой, изменяющейся не только в геологическом масштабе времени, но и в реальном времени существования объектов города. Изменения в геологической среде могут привести к нарушению устойчивости сооружений или сокращению (по сравнению с проектным) времени их безопасного функционирования. Поэтому проектирование сооружений необходимо вести с учетом возможных изменений геологической среды. Прогнозирование изменений геологической среды необходимо осуществлять на основе ее комплексного мониторинга. Геологический риск представлен четырьмя категориями – чрезвычайно опасной, опасной, малоопасной и неопасной.

При наличии постоянно действующих моделей, контролирующих поведение того или иного участка территории ОКН, было бы целесообразно проводить работу по их совершенствованию на основе вновь поступающих сведений. Данные мониторинга являются основой для принятия управленческих решений органов охраны памятников истории и культуры.

При разработке стратегии управления техническим состоянием объектов культурного наследия необходим учет факторов реабилитации жизненной среды населения, особенно при формировании целевых программ

по ликвидации аварийного и ветхого памятника истории и культуры, проведения реконструкции объекта культурного наследия, инженерных и транспортных систем, социальной и производственной инфраструктур и экологической реконструкции освободившихся территорий в соответствии с генеральным планом развития территорий.

Комплексная оценка загрязнения окружающей среды производилась по следующим факторам: загрязнение воздушного бассейна, степень загрязнения почв, пылевая нагрузка на территории памятника, степень шумового загрязнения, уровень залегания грунтовых вод и их загрязнение.

Использование современных информационных технологий позволяет построить постоянно действующую имитационную модель экологической среды памятника. Она включает в себя анализ и оценку компонентов экологического загрязнения территории памятника, балльную оценку компонентов загрязнения, комплексную оценку загрязнения среды в ГИС, прогноз изменения экологической среды, постоянное обновление электронных карт ОКН по зонам экологического риска, выбор мероприятий по управлению экологическим риском при разработке целевых программ реконструкции и капитального ремонта ОКН.

После завершения первого этапа мониторинга – инвентаризации объектов культурного наследия и обработки полученной базовой информации на втором этапе разрабатывают генеральную стратегию управления техническим состоянием объектов культурного наследия.

Основная задача – сохранение и восстановление памятников истории и культуры планового доведения его до нормативного уровня.

Достигнуть поставленной цели возможно с помощью построения различных оптимизационных моделей управления техническим состоянием объектов культурного наследия, взяв за основу период оптимизации и финансовые средства для ее осуществления. Финансовую составляющую оптимизационной модели необходимо сопоставлять с существующими тарифами на содержание, текущий и капитальный ремонт объекта

культурного наследия, поиском альтернативных источников и дополнительных средств на их реализацию.

Для выполнения этой задачи на первом этапе разрабатывается план управления техническим состоянием каждого объекта культурного наследия отдельно. После проведения обследования анализируют техническое состояние его конструктивных элементов и инженерного оборудования и сравнивают текущее состояние с нормативными показателями (стандартами эксплуатации). Делают вывод о качестве эксплуатации и прогноз изменения технического состояния при различных вариантах эксплуатации.

На втором этапе разрабатывается стратегический план управления техническим состоянием всего объектов культурного наследия. Он выполняется на основе экономико-математической оптимизации и включает в себя разработку целей, формирование вариантов стратегии и выбор базовой стратегии и разработку сценариев реализации базовой стратегии, разработку целевых программ, сравнение и выбор сценариев (вариантов) реализации целевых программ, экономико-математическую оптимизацию выбранных сценариев.

Стратегия базируется на анализе и прогнозе факторов внешней и внутренней среды. Оптимизационная модель основана на соблюдении принципов плановой системы: программно-целевом принципе, долгосрочности, непрерывности, комплексности. На основе планов управления техническим состоянием отдельных памятников разрабатываются оптимизационные модели управления техническим состоянием объектов культурного наследия в целом на долгосрочную перспективу.

Период оптимизации предлагается принимать в соответствии с нормативными сроками перспективного планирования (25, 15, 5 лет). В методиках оптимизации необходимо учитывать реальную картину технического состояния памятников истории и культуры, различные режимы эксплуатации (естественное старение без ремонтов, с учетом ремонтов

отдельных элементов, с учетом комплексных ремонтов и т.д.) и различные источники финансирования программ перспективного развития.

Реализация стратегии предполагает ежегодную корректировку планов управления техническим состоянием объектов культурного наследия по результатам мониторинга в зависимости от проведенных ремонтных, реставрационных, реконструктивных и модернизационных работ с учетом старения и непредвиденных ситуаций. В отдельную категорию вынесены объекты, имеющие повреждения в результате неравномерных деформаций грунтов основания. Финансирование мероприятий по повышению их эксплуатационной надежности предложено предусмотреть из бюджетов различных уровней.

2.5. Научно-техническая и проектная подготовка работ по повышению устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия

Научно-техническое и проектное обоснование восстановительных работ направлено на повышение эксплуатационной надежности объектов культурного наследия, включая башенные сооружения. В основе данного подхода лежит всесторонняя оценка физического состояния памятников, позволяющая точно определить степень их износа и характер повреждений [23, 30].

Диагностика технического состояния осуществляется с применением современных методов исследования, сочетающих инструментальные измерения с инженерным анализом и визуальной оценкой. Такой комплексный подход обеспечивает достоверность получаемых данных и создает основу для разработки эффективных решений по сохранению объектов.

Результаты обследования служат базой для:

- разработки оптимальных методов усиления конструкций;
- выбора наиболее эффективных технологий реставрации;

- прогнозирования дальнейшего поведения сооружений.

Особое внимание уделяется башенным сооружениям, которые в силу своих конструктивных особенностей требуют специальных подходов к оценке их состояния и разработке мер по повышению устойчивости.



Рисунок 2.21 – Научно – техническая и проектная подготовка работ по повышению устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия

Проектная разработка охватывает полный жизненный цикл памятников архитектуры, включая последовательные этапы технического обслуживания и восстановления. На рис. 2.21 представлена схема поэтапного выполнения работ, начиная от текущей эксплуатации до комплексной модернизации объекта.

Заключительная стадия проектирования включает подготовку детального инженерного заключения, содержащего:

- комплексную оценку технического состояния сооружения;
- анализ конструктивных характеристик (жесткости, устойчивости);
- исследование архитектурно-планировочных особенностей;
- техническую экспертизу несущих конструкций;
- обоснованные рекомендации по сохранению объекта.



Рисунок 2.22 – Состав задания на ремонт, реставрацию, реконструкцию, модернизацию, воссоздание и консервацию памятника истории и культуры башенного типа

Результатом научно-исследовательских и проектных работ становится техническое задание, регламентирующее выполнение:

- текущих и капитальных ремонтов;
- восстановительных операций;
- реставрационных технологических процессов;
- реконструктивных мероприятий;
- модернизационных решений.

Особое внимание уделяется методикам обеспечения устойчивости башенных сооружений, представленным в виде схемы на рис. 2.22. Разрабатываемые решения учитывают специфические особенности данной категории памятников архитектуры.

Ключевые аспекты сохранения объектов культурного наследия включают:

1. Усиление фундаментных конструкций.
2. Проведение комплекса работ:
 - ремонтных;
 - восстановительных;
 - реставрационных;
 - реконструктивных;
 - модернизационных;
 - консервационных.
3. Воссоздание историко-культурного ландшафта. Этапы выполнения работ:
 - подготовительный этап;
 - археологические изыскания;
 - основные восстановительные мероприятия;
 - реставрация ландшафтного окружения;
 - демонтаж временных конструкций.

Наглядная схема состава работ представлена на рис. 2.23.



Рисунок 2.23 – Состав и содержание работ по сохранению жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа

Завершающий этап предусматривает оформление итогового отчета, включающего:

- научно-реставрационную документацию;
- отчет по реконструктивно-модернизационным работам;
- документ заверяется подписями научного руководителя и ответственного за авторский надзор.

Подготовленный отчет направляется в уполномоченный орган по охране объектов культурного наследия. Процедура согласования включает:

1. Прохождение обязательных экспертиз:
 - историко-культурной;
 - независимой (негосударственной).
2. Согласование с профильными подразделениями:
 - органами охраны памятников;
 - региональными правительственными структурами.

Методика проектной подготовки.

Для эффективного планирования мероприятий по повышению устойчивости объектов культурного наследия необходимо:

- выполнить расчет весовых коэффициентов;
- определить значимость несущих конструкций;
- оценить важность планируемых работ.

Соответствующие расчетные показатели представлены в таблице 2.3.

Степень повреждения отдельной конструкции или изделия в конструкции рассчитываем инструментально – техническими способами и использованием математико-статистического метода экспертных оценок. Степень повреждения (P) рассчитывается в % и определяется из зависимости:

$$P = \sum P_i \cdot k_i, \quad (2.12)$$

где

P_i – степень повреждения отдельной конструкции или изделия в конструкции;

k_i – коэффициент весомости, который определяется на основе математико-статистического метода парных сравнений.

Метод парных сравнений представляет собой статистический инструмент для определения относительной значимости элементов конструкции. В основе методики лежит принцип сравнительной оценки, при которой эксперты анализируют попарное взаимодействие конструктивных элементов.

Процедура проведения:

- экспертной группе последовательно предъявляются пары сравниваемых элементов;
- для каждой пары специалисты устанавливают отношение значимости с помощью операторов сравнения (" $<$ " или " $>$ ");
- на основании серии таких сравнений строится ранжированный ряд элементов.

Математическая обработка:

- результаты экспертных оценок подвергаются статистической обработке;
- определяются калибровочные значения для каждой позиции;
- рассчитываются весовые коэффициенты, отражающие относительную важность элементов в общей конструкции.

Метод особенно эффективен при:

- необходимости количественной оценки качественных характеристик;
- работе с комплексными системами, где прямое измерение значимости затруднено;
- наличии нескольких конкурирующих критериев оценки.

Полученные коэффициенты весомости позволяют объективизировать процесс принятия решений при проектировании и оценке конструкций:

$$K_x = K_0 \left(\frac{K_B}{K_0} \right) \cdot \left(\frac{Z_x - Z_0}{Z_B - Z_0} \right) \quad (2.13)$$

где

K_x – вес элемента в общей конструкции;

K_B, K_6 – весовые коэффициенты в калибровочных точках;

Z_x, Z_6, Z_B – показатели калибровочных точек шкалы оценок.

Из теории вероятности и математической статистики можно рассчитать количество возможного набора пар N по соотношению:

$$N = \frac{n \cdot (n-1)}{2}. \quad (2.14)$$

На основании многолетнего опыта проведения реставрационных работ и анализа различных методов сохранения памятников была разработана классификация степени разрушений, учитывающая масштабы повреждения конструктивных элементов, такие как:

- незначительные повреждения ($P=0-29\%$) - характеризуются локальными дефектами, не влияющими на общую устойчивость сооружения;
- умеренные повреждения ($P=30-69\%$) - включают существенные, но частичные разрушения конструкций;
- катастрофические повреждения ($P=70-100\%$) - представляют собой практически полное разрушение объекта.

Рекомендуемые мероприятия в зависимости от степени разрушений:

- при 70-100% повреждений требуется полное воссоздание памятника;
- при 30-69% повреждений необходимы комплексные ремонтно-восстановительные работы;
- при 0-29% повреждений достаточно реставрационных работ с элементами реконструкции и модернизации.

Для практического применения данной методики был выполнен расчет степени повреждения полубоевой башни в урочище Акки (Галанчожский район, Чеченская Республика), результаты которого представлены в таблице 2.4.

Дополнительным критерием оценки состояния объекта является коэффициент старения (R_c), который рассчитывается по специальной методике и позволяет количественно оценить степень износа памятника:

$$R_c = f(P, I), \quad (2.15)$$

где

P – уровень деструкции объекта (степень разрушения);

I – показатель физического износа памятника.

Таблица 2.3 – Коэффициенты значимости основных строительных конструкций и их компонентов

№ п.п.	Наименование конструктива и вида работ	Коэффициент весомости (k_i)
1	Основание и фундаменты	0,105
2	Несущие стены	0,315
3	Перекрытия	0,160
4	Крыша плоская или пирамидальная	0,078
5	Заполнение оконных и дверных проемов	0,025
6	Балконы (машикули)	0,021
7	Внутренняя отделка	0,130
8	Наружная отделка	0,104
9	Внешнее благоустройство	0,051
10	Прочие конструкции	0,011

Таблица 2.4 – Результаты анализа повреждений основных строительных конструкций

№ п.п.	Наименование конструктива и вида работ	Разрушение, %	
		P_i	$P_i \times k_i$
1	Основание и фундаменты	90	9,45
2	Несущие стены	20	6,3
3	Перекрытия	100	16
4	Крыша плоская или пирамидальная	100	7,8
5	Заполнение оконных и дверных проемов	100	2,5
6	Балконы (машикули)	100	2,1
7	Внутренняя отделка	100	13
8	Наружная отделка	100	10,4
9	Внешнее благоустройство	100	5,1
10	Прочие конструкции	100	1,1
			73,75

$$I = \frac{I_o}{I_{\text{пр}}} \quad (2.16)$$

где

- I_o – остаточный физический износ (степень деградации);
 $I_{\text{пр}}$ – нормативное (проектное) состояние.

Степень износа и факторы воздействия определяются индивидуально для каждого объекта культурного наследия.

Для оценки повреждений, вызванных природными и антропогенными факторами, применяются:

- вероятностные модели отказов [43];
- нормальное распределение (Гаусса), наиболее точно описывающее статистику разрушений в условиях Чеченской Республики (см. рис. 2.24).

Гауссовское распределение позволяет учесть комплексное воздействие множества случайных факторов, модель учитывает кумулятивный характер повреждений, аппроксимация данных соответствует реальным условиям эксплуатации памятников в регионе.

Применение нормального распределения для анализа разрушений позволяет:

- обеспечить достоверный прогноз рисков;
- количественно оценить вероятность повреждений;
- оптимизировать профилактические мероприятия.

Данный подход особенно актуален для Чеченской Республики, где памятники подвергаются комплексному воздействию как природных, так и техногенных факторов различной интенсивности.

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-a)^2}{2\tau^2}}, \quad (2.17)$$

где

$\alpha = M(x)$ – математическое ожидание степени разрушения;

$\tau^2 = D(x)$ – дисперсия распределения повреждений.

Модели разрушения:

1. Для единичного объекта:

Подчиняется равномерному закону распределения (рис. 2.24):

$$P(x) = a. \quad (2.18)$$

Для совокупности объектов на территории:

2. Характеризуется двумерным нормальным распределением (рис. 2.25).

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{\frac{-(x-V_x)^2}{2\sigma_x^2}}. \quad (2.19)$$

Результаты мониторинга состояния объектов культурного наследия были систематизированы и представлены в графической форме, включающей:

1. Гистограмму распределения степени разрушений.

2. Сравнительные кривые:

- эмпирического распределения повреждений (фактические данные);
- теоретической модели распределения вероятностей.

Такая визуализация (представленная на рисунке 2.26) позволяет:

- наглядно сопоставить реальные и расчетные показатели;
- выявить закономерности в характере повреждений;
- оценить соответствие теоретической модели фактическим данным.

Графическое представление результатов обеспечивает комплексное восприятие статистической информации и способствует более точной интерпретации данных о состоянии объектов культурного наследия.

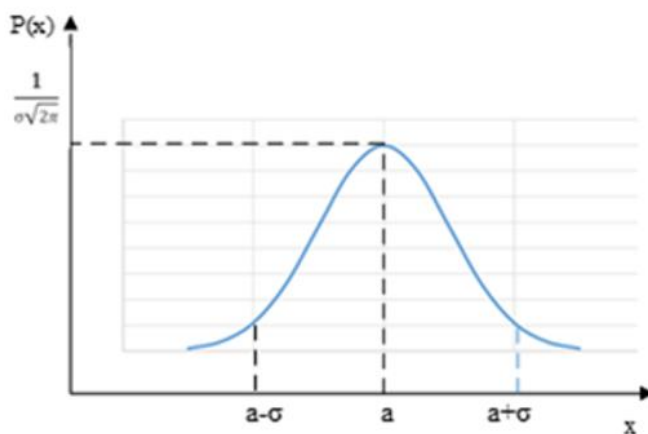


Рисунок 2.24 – Нормальный закон распределения вероятностей

Результаты оценки степени повреждений архитектурных памятников демонстрируют распределение, соответствующее нормальному закону (кривая Гаусса), что наглядно представлено на рисунке 2.27.

Преимущества вероятностного подхода:

1. Повышение точности проектных решений при:
 - планировании ремонтных мероприятий;
 - разработке восстановительных программ;
 - подготовке реставрационных проектов.
2. Оптимизация ресурсного обеспечения:
 - расчет необходимых объемов работ;
 - определение требуемых материальных ресурсов;
 - планирование трудовых затрат;
 - составление реалистичных бюджетов.
3. Практическая значимость метода позволяет:
 - минимизировать субъективность оценок;
 - обеспечить научное обоснование проектных решений;
 - прогнозировать развитие деструктивных процессов;
 - рационально использовать выделяемые средства.

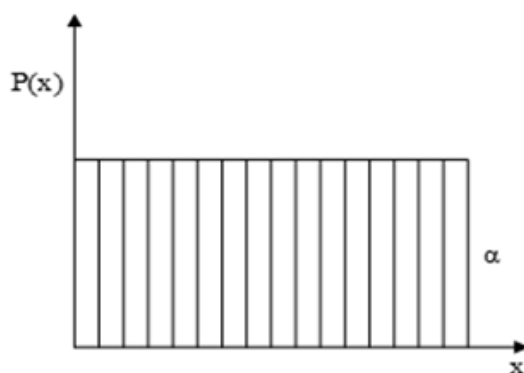


Рисунок 2.25 – Моделирование повреждений по равномерному закону распределения

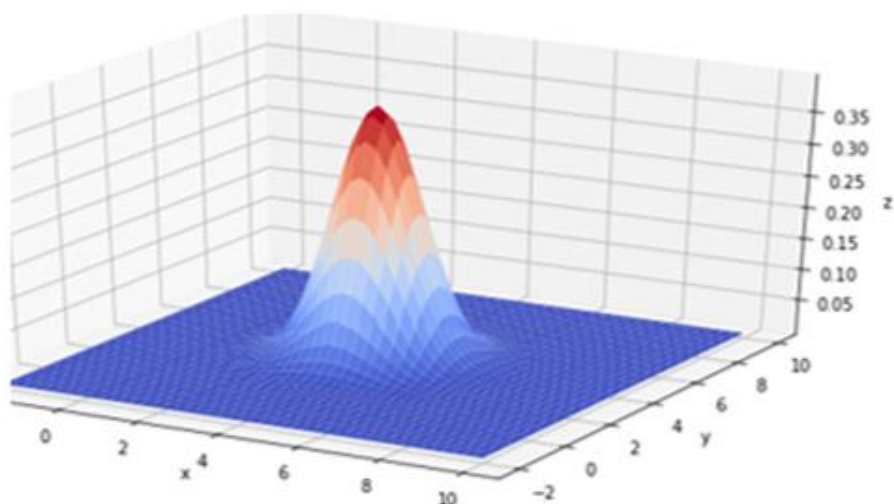


Рисунок 2.26 – Двумерное гауссовское распределение повреждений на территории

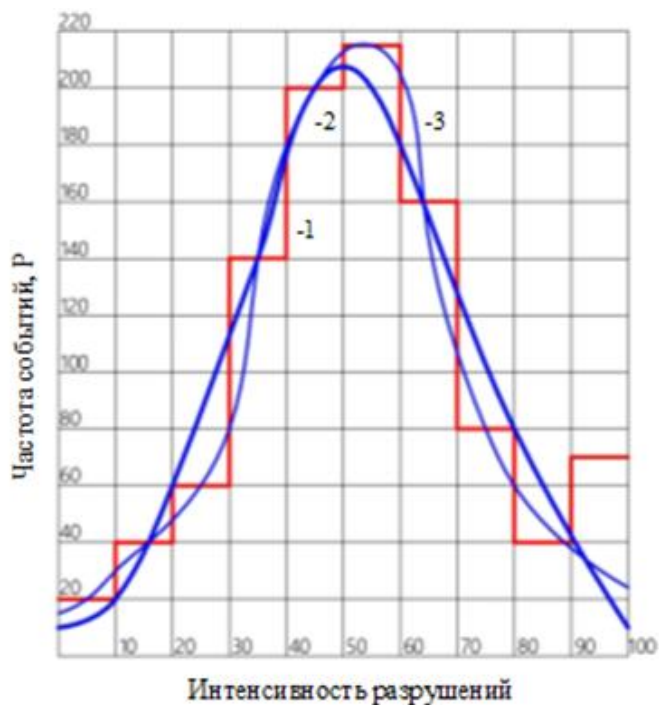


Рисунок 2.27 – Сопоставление статистических распределений:

1. Наблюдаемые данные (гистограмма).
2. Теоретическая аппроксимация.
3. Фактическая кривая вероятностей.

Применение статистических методов анализа существенно повышает эффективность мероприятий по сохранению объектов культурного наследия, обеспечивая оптимальное соотношение между качеством работ и затрачиваемыми ресурсами.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Концептуально, на примере предлагаемого единого уникального комплекса памятников истории и культуры башенного типа с рабочим названием «Великая сигнальная система – Мегатуристической комплекс «Древний Кавказ»», разработаны положения и системные механизмы повышения устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия. Обозначены стратегические приоритеты и системные решения взаимосвязанных и взаимозависимых задач в сфере повышения устойчивости жизненного цикла памятников.

2. Разработаны методологические основы оценки технического состояния, включающие два новых понятия:

- физическое старение памятников истории и культуры;
- моральное старение памятников истории и культуры.

Физическое и моральное старение характеризуют устойчивость жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, т.е. их техническое состояние, необходимое для анализа этапов инвестиций, инженерных изысканий, архитектурно-художественного и организационно-технологического проектирования, ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции, модернизации, консервации, эксплуатации, вывода из эксплуатации, сноса и утилизации.

3. Разработана методология оценки факторов воздействия, влияющих на жизненный цикл объектов культурного наследия, включая:

- влияние атмосферных условий;
- воздействие грунтовых вод;
- температурные колебания;
- другие природно-климатические факторы.

4. Определены основные принципы мониторинга, предполагающее постоянное и планомерное наблюдение за техническим состоянием фонда памятников истории и культуры и сравнение данного уровня с нормативными требованиями, а также разработку перспективных планов и оптимизационных

моделей управления жизненным циклом памятников с целью повышения эффективности их ремонта, восстановления (воссоздания), реставрации, реконструкции и модернизации.

5.Предложены состав и содержание научно-технической и проектной подготовки работ с целью повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры, направленные на оценку физического старения памятников и степени их износа и повреждений.

6.Разработаны шкала оценки разрушений, исходя из степени повреждения конструкции и изделий в конструкции и шкала работ по повышению устойчивости жизненного цикла памятника истории и культуры.

Глава 3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Надежность объектов культурного наследия как ключевой фактор их сохранения определяет актуальность проблемы.

Надежная эксплуатация памятников истории и культуры представляет собой фундаментальное требование для их эффективной сохранности на всех стадиях жизненного цикла. Несмотря на активное применение вероятностных методов расчета надежности в строительной отрасли, их использование в сфере охраны культурного наследия остается недостаточно системным [11, 16, 21, 49, 57, 63, 68, 122, 128].

Особенно остро проявляется дефицит научно обоснованных подходов (Рисунок 3.1).

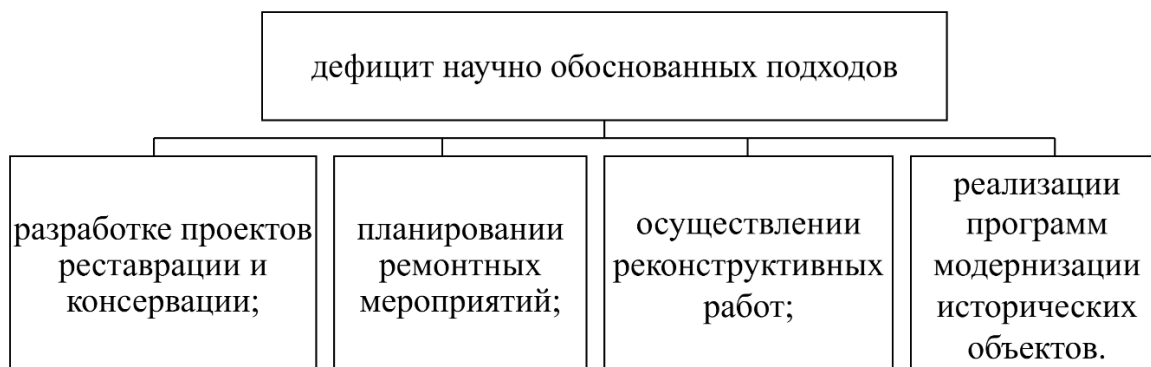


Рисунок 3.1 – Дефицит научно-обоснованных методов сохранения объектов культурного наследия

Необходимые направления развития:

- комплексной методологии надежностного анализа;
- специализированных расчетных методик;
- критериев оценки долговечности;
- прогностических моделей для объектов культурного наследия.

Актуальным для башенных сооружений, где требуется комплексное решение вопросов является:

- качества эксплуатации;
- функциональной эффективности;
- сохранения исторической ценности.

В настоящем разделе надежность рассматривается преимущественно в контексте безотказности и долговечности функционирования объектов культурного наследия башенного типа в зависимости от свойств их ремонтпригодности и сохраняемости на основных этапах жизненного цикла. Предполагается оценка общих требований к обеспечению надежности на этапах проектирования, ремонта, реставрации, реконструкции и эксплуатации. На основе оценки показателей надежности на основных этапах жизненного цикла будут разработаны методология установления критериев отказов и предельных состояний и методика расчета показателей надежности.

3.1. Общие требования к обеспечению надежности памятников истории и культуры

3.1.1. Особенности теории надежности объектов культурного наследия

Разработанный в исследовании математический аппарат учитывает принципиальные особенности памятников истории и культуры как объектов сохранения. Методический подход основан на понимании уникальной природы исторических сооружений, требующей специальных расчетных моделей и аналитических процедур.

Ключевые аспекты применяемого инструментария включают:

- адаптацию классических математических методов к специфике культурного наследия;
- учет нелинейных процессов старения исторических материалов;
- моделирование комплексного воздействия природных и антропогенных факторов;
- разработку критериев оценки, сочетающих количественные и качественные параметры.

Особое внимание уделено воспроизведению характерных закономерностей деградации различных типов конструкций при сохранении их исторической подлинности. Созданные модели позволяют прогнозировать поведение памятников в условиях меняющихся эксплуатационных нагрузок и окружающей среды.

Сформулируем особенности теории надежности объектов культурного наследия, которые отличают их от теории надежности гражданских, общественных и промышленных зданий и сооружений:

1. Весьма большие сроки службы ограждающих, и самонесущих изделий, конструкций и деталей, исчисляемые не сотнями лет, а тысячелетиями, что не только осложняет информацию о потоке сбоев и отказов, причинах их возникновения, затратах на ликвидацию ущерба и т.д., но и существенно ограничивает накопление технической, технологической, экономической и прочей информации о поведении несущих конструкций и конструктивов и других систем за многолетний срок службы в определенных режимах и условиях эксплуатации.

2. В условиях больших сроков службы и эксплуатации актуальное значение имеет иная предметная интерпретация гипотезы, с которой связана эффективность применения теоретической базы для организации и планирования наблюдений по жизненным циклам памятников истории и культуры с целью сбора выверенной и целенаправленной информации для ускорения решения прикладных задач оптимизации надежности конструктивов и систем объектов культурного наследия и оценки в процессе выполнения исследований технического состояния конструктивов, эксплуатируемых в одинаковых условиях и режимах, но имеющих различный возраст, измеряемый в сотнях и тысячах лет, что позволяет случайный процесс функционирования памятника за предыдущий период времени (T) воспроизводить с использованием системы случайных величин, рассчитанных по параметрам случайной функции для фиксированных в жизненных циклов

до истечения конечного интервала (Т), исключаящим трудности, связанные с накоплением и передачей информации.

3. Наличие конструктивов и систем со смешанной ответственностью, определяемой не только экономическими, физическими и моральными потерями и издержками при сбоях и отказах, но и большой вероятностью негативного и опасного воздействия на человека, на его здоровье и жизни.

4. Существенная ограниченность использования структурного резервирования, как эффективного и рационального способа обеспечения надежности человеко-машинной системы, превосходящей надежность других систем и подсистем.

5. Неимоверно большая трудность решения проблем физического и морального износов, определения моментов ремонта, реставрации, реконструкции, модернизации, консервации, сноса и утилизации памятника истории и культуры, чем при капитальном строительстве и эксплуатации гражданских, общественных и промышленных зданий и сооружений с относительно небольшими сроками службы до 100÷150 лет, способствующими облегчению прогнозирования научно-технического прогресса в строительно-технической сфере и его социально-экономической эффективности в обозначенной сфере.

6. Весьма низкая ремонтпригодность многих конструктивов памятников истории и культуры и их систем, обусловленная спецификой самих объектов, последовательным соединением, жесткой взаимосвязью со смешанными элементами и системами, возводимыми из изделий и деталей с различными сроками службы, что исключает быстрый ремонт, восстановление, реставрацию, реконструкцию, модернизацию или замену отдельных конструктивов и систем со взаимозаменяемыми частями или целыми блоками ручного изготовления.

7. Значительное влияние свойств сохраняемости, долговечности и безотказности конструктивов и систем из-за вероятности деструктивных явлений и процессов ряда ремонтно-реставрационных материалов, изделий,

деталей и полуфабрикатов, хранимых сравнительно большие сроки под воздействием окружающей среды с момента их доставки на площадку до завершения ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструкционных работ.

8. Влияние отказов и сбоев немеханической природы: температура, влажность – влияние сухого и жаркого климата, вечной мерзлоты, попеременное замораживание и оттаивание и пр.

Надежность – это свойство объекта культурного наследия (памятника истории и культуры) сохранять в определенных и установленных рамках количественные и качественные значения параметров, которые характеризуют способность объекта выполнять проектные функции в заданных интервалах, циклах и режимах его ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации. Для памятников истории и культуры надежность представляет собой интегральный показатель, формируемый совокупностью взаимосвязанных свойств. Их состав и значимость варьируются в зависимости от:

1. Функционального назначения объекта:

- культовые сооружения;
- оборонительные постройки;
- гражданские здания;
- инженерные сооружения.

2. Условий эксплуатации:

- климатические воздействия;
- сейсмические факторы;
- антропогенные нагрузки;
- экологическая среда.

Эти сочетания приемлемы как для памятника в целом, так и для его составных частей. Для конкретных памятников и условий их эксплуатации, ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации эти сочетания свойств имеют относительно различную значимость. К примеру – для нереставрируемых памятников основным свойством является безотказность.

Для реставрируемых объектов важным свойством, представляющим надежность, может быть реставрируемость. Кинематические и динамические параметры, показатели точности функционирования и производительности также относятся к параметрам, характеризующим эксплуатационные функции.

Для оценки надежности жизненных циклов объектов культурного наследия на основных этапах их функционирования: ремонт, воссоздание, восстановление, реставрация, реконструкция, модернизация, консервация, эксплуатация, снос и утилизация, разработана схема основных состояний и событий, которая характеризует переход объекта из одного состояния в другое вследствие повреждения или отказа (Рисунок 3.2).

Переход объекта культурного наследия из исправного состояния в неисправное происходит вследствие дефектов, сбоев и отказов. Повреждением называется событие, когда объект переходит в неисправное, не работоспособное состояние, а когда объект переходит в неработоспособное состояние, это событие называется отказом.

Для возвращения памятников истории и культуры в работоспособное состояние из неработоспособного или аварийного применяется система мероприятий по их сохранению и адаптации. Данный процесс включает следующие ключевые этапы:

- диагностика и анализ – оценка текущего состояния объекта, выявление степени повреждений и причин деградации;
- разработка концепции восстановления – определение оптимальных методов вмешательства с учетом историко-культурной ценности;
- практическая реализация – проведение необходимых работ, которые могут включать:
 - ремонт – устранение локальных повреждений без изменения структуры объекта;

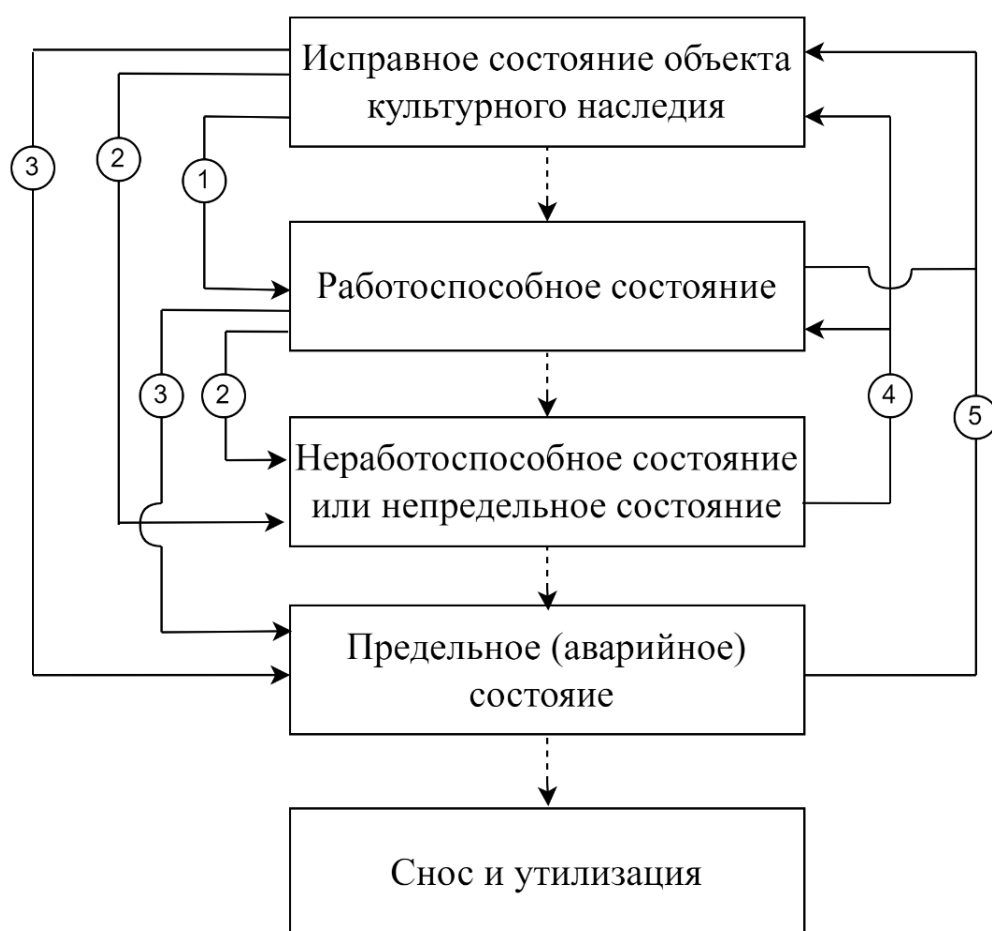


Рисунок 3.2 – Схема основных состояний объекта культурного наследия для оценки надежности:

1 – повреждение; 2 – сбой, отказ; 3 – переход объекта в предельное состояние из-за физического и морального старения; 4 – ремонт, восстановление, воссоздание; 5 – реставрация, реконструкция, модернизация.

- реставрация – восстановление первоначального облика с сохранением подлинных элементов;

- реконструкция – частичное преобразование с адаптацией к современным условиям;

- модернизация – внедрение новых технологий, улучшающих функциональность;

- консервация – стабилизация состояния для предотвращения дальнейшего разрушения.

Критерии успешного восстановления такие как:

- сохранение аутентичности и исторической достоверности;
- обеспечение долговечности и устойчивости к внешним воздействиям;
- соответствие современным нормам безопасности и эксплуатации.

Такой системный подход позволяет не только вернуть объекту функциональность, но и продлить его жизненный цикл, сохраняя культурную и историческую ценность для будущих поколений.

В сложных памятниках присутствует дифференцированный подход, когда делится состояние памятника на промежуточные с существенным снижением качества функций. Памятник или объект культурного наследия может переходить в предельное состояние с потерей функционального назначения. Для памятников, не подлежащих ремонту и восстановлению, присуще предельное состояние, когда оно соответствует с неработоспособным состоянием. Есть еще второй вид, когда предельное состояние памятников, не подлежащих ремонту, оказывается недопустимым из-за возникновения опасного сбоя или отказа. Переход неремонтируемого памятника из второго предельного состояния в первое может быть с опережением ожидаемого сбоя или отказа.

Невосстанавливаемый или неремонтируемый памятник истории и культуры достигает своего предельного состояния в результате сбоя или отказа 1 (Рисунок 3.3), либо по достижению предельно допустимого срока службы 2, либо при моральном устаревании 3, который для объектов культурного наследия носит условный характер.

Предельно допустимые величины срока службы рассчитываются по фактору безотказности эксплуатации памятника, необратимым снижением эффективности его эксплуатации, повышением интенсивности сбоев и отказов и достижением физического и морального износа.

Для памятников истории и культуры башенного типа можно выделить три вида предельных состояний. При первых двух видах предельного состояния необходимо поставить памятник на ремонт или восстановление, т.е. прекратить использования памятника по назначению. По-другому это

предельное состояние называется временным. При третьем виде предельного состояния окончательно останавливается использование памятника по цели и назначению.

Для ремонтируемых, реставрируемых и реконструируемых памятников переход в соответствующее предельное состояние, когда дальнейшая эксплуатация неэффективна и нецелесообразна возможен по следующим причинам:

- невозможно обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию;
- в результате износа или физико-химического старения памятник пришел в такое состояние, когда ремонт, восстановление и реставрация требуют значительных затрат, не приводящих к восстановлению его работоспособности.

Предельное состояние памятника может устанавливаться по изменениям несущей способности, прогибам, осадкам и перемещениям (линейным и угловым), ширине раскрытия трещин и оптимальным срокам службы. Предельное состояние для памятников истории и культуры башенного типа наступает, когда невозможно бывает восстановить эффективность их эксплуатации, т.е. эффективность эксплуатации может быть восстановлена только при помощи капитального ремонта, в противном случае необходимо прекратить эксплуатацию памятника по назначению или его реставрировать, реконструировать или модернизировать.

Для более предметного исследования показателей надежности рассмотрены характеристика и классификация отказов, критерии отказов и предельных состояний, порядок установления отказов, нормирование показателей надежности и их выбор [122, 125]. Общие понятия, термины и определения надежности памятников истории и культуры приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные термины и понятия надежности функционирования памятников истории и культуры башенного типа

NN п.п.	Наименование	Краткое содержание
1	2	3
1.	Безотказность	Свойство памятника непрерывно сохранять работоспособность в течение определенного времени.
2.	Долговечность	Свойство памятника сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния.
3.	Ремонтопригодность	Свойство памятника, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и поддержанию, и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания, ремонта, реставраций, модернизации и пр.
4.	Сохраняемость	Свойство памятника сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтнопригодности.
5.	Исправное состояние (неисправность)	Состояние памятника, при котором он соответствует всем предъявленным требованиям.
6.	Неисправное состояние (неисправность)	Состояние памятника, при котором он не соответствует хотя бы одному из предъявленных требований.
7.	Работоспособное состояние (работоспособность)	Состояние памятника, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют предъявленным требованиям.
8.	Условия работоспособности	Условия, выраженные в виде неравенства, налагаемые на функции от параметров памятника.
9.	Функции работоспособности	Функция, стоящая в первой части нормальной формы записи условия работоспособности.
10.	Неработоспособное состояние (неработоспособность)	Состояние памятника, при котором значение хотя-бы одного параметра не соответствует предъявленным требованиям.

11.	Предельное состояние	Состояние памятника, при котором его дальнейшее использование по назначению нецелесообразно или восстановление его работоспособного состояния невозможно.
12.	Дефект	Любое отдельное несоответствие конструктива памятника предъявленным требованиям.
13.	Повреждение	Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния памятника при сохранении работоспособного состояния.
14.	Отказ	Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния памятника.
15.	Восстановление работоспособного состояния	Операция определения места и характера отказа, контроля технического состояния памятника и контроля работоспособности памятника в целом.
16.	Обслуживаемый памятник	Памятник, для которого проведение технических обслуживаний предусмотрено предъявленными требованиями.
17.	Необслуживаемый памятник	Памятник, для которого проведение технического обслуживаний не предусмотрено предъявленными требованиями.
18.	Восстанавливаемый памятник	Памятник, для которого проведение ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции и модернизации предусмотрено требованиями.
19.	Невосстанавливаемый памятник	Памятник, для которого проведение ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации не предусмотрено требованиями.
20.	Ремонтируемый (реконструируемый, реставрируемый, модернизируемый) памятник	Памятник, для которого проведение данных видов работ предусмотрено.
21.	Неремонтируемый (нереконструируемый, нереставрируемый, немодернизируемый) памятник	Памятник, для которого проведение данных видов работ не предусмотрено.

22.	Технический ресурс	Наработка памятника от начала его эксплуатации после ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации до перехода в предельное состояние.
23.	Срок службы	Продолжительности эксплуатации памятника после ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации до перехода в предельное состояние.
24.	Срок сохраняемости	Продолжительность функционирования памятника, в течении которой сохраняются значения показателей долговечности, безотказности и ремонтпригодности в установленных пределах.
25.	Время восстановления работоспособного состояния	Продолжительность восстановления работоспособного состояния памятника.
26.	Эксплуатация	Этап жизненного цикла памятника, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество.
27.	Ремонт, реставрация, реконструкция, и модернизация	Комплекс операций по восстановлению работоспособности памятника или его отдельных конструктивов.
28.	Условия эксплуатации	Совокупность факторов, действующих на памятник при его эксплуатации.
29.	Конструкция памятника	Изделие, предназначенное для ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации памятника.
30.	Факторы внешней или внутренней среды	Температура, влажность, газообразный состав воздуха, солнечная радиация, шумы, парообразование, воздухопроницание, ветер, дождь и пр.

3.1.2. Обеспечение надежности на этапе проектирования жизненного цикла

С целью обеспечения надежности на этапе проектирования жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа разрабатывается специальная программа. В программе обеспечения надежности для этапа проектирования учитываются требования, критерии, условия и различные мероприятия, представленные на рисунке 3.3. Раскрытие содержания требований, критерий, условий и пр. проводим ниже.

Современная нормативно-техническая база устанавливает строгие требования к методам оценки несущей способности конструктивных элементов объектов культурного наследия. Действующие регламенты определяют:

- порядок расчета основных типов конструкций (несущих, самонесущих и ограждающих);
- нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик исторических строительных материалов;
- систему корректирующих коэффициентов, учитывающих фактическое состояние сооружений.

Особенностью нормативных требований является их адаптация к специфике объектов культурного наследия. Все расчетные параметры устанавливаются на основе данных комплексного инструментального обследования, что позволяет учитывать реальное техническое состояние каждого памятника архитектуры. Такой подход обеспечивает научную обоснованность принимаемых проектных решений при сохранении исторической подлинности сооружений.

В нормативно-технических документах указываются предъявляемые конструктивные и другие требования [63-72].



Рисунок 3.3 – Программа обеспечения надежности памятника истории и культуры башенного типа на этапе проектирования жизненного цикла

В соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими:

- технологии проведения восстановительных работ;
 - составы материалов для реставрации;
 - порядок организации ремонтно-реконструкционных мероприятий,
- разработаны комплексные требования.

Их основная цель – обеспечить научно обоснованный подход к управлению жизненным циклом объектов культурного наследия, гарантирующий высокую степень сохранности памятников, теоретическую обоснованность принимаемых решений, долговременную надежность проведенных работ.

Ключевые аспекты:

- строгое соблюдение нормативной базы при выполнении всех видов работ;

- применение научно-методических разработок в практике реставрации;
- обеспечение преемственности традиционных и инновационных технологий;
- достижение оптимального баланса между сохранением аутентичности и современными требованиями.

Данный системный подход позволяет гарантировать сохранение историко-культурной ценности объектов при одновременном повышении их технической надежности и эксплуатационной устойчивости.

На практике проектирования жизненного цикла имеют место случаи, когда теоретический уровень надежности недостаточен по причине несовершенства норм проектирования, что имеет место, к примеру, с нормами проектирования жизненных циклов в сейсмических районах. В нашем случае необходимо отметить, что это не является нормированием надежности по факторам вероятности безотказной работы, сбоев по срокам службы, ресурсообеспеченности и др. Расчеты надежности памятников истории и культуры башенного типа недостаточно регламентированы действующими нормативами, следовательно, соответствие или несоответствие надежностных характеристик не является гарантией безотказности памятника в течение определенного промежутка времени.

В современной практике оценки несущей способности исторических сооружений преобладает вероятностно-статистический подход, основанный на анализе предельных состояний конструкций. Этот методологический принцип позволяет более точно, чем традиционный расчет по допускаемым напряжениям, оценивать реальное поведение конструктивных элементов с учетом их фактического состояния и особенностей эксплуатации.

Основу методики составляет дифференцированная система коэффициентов, разработанная на базе многолетних наблюдений и статистического анализа результатов реставрационной практики. При определении расчетных параметров учитываются:

- фактические прочностные характеристики исторических материалов;

- степень сохранности конструктивных элементов;
- особенности эксплуатационных нагрузок;
- значимость и ответственность отдельных элементов сооружения.

Применяемый подход обеспечивает научно обоснованный баланс между требованиями безопасности, экономической целесообразностью и необходимостью сохранения исторической подлинности памятника архитектуры.

В соответствии с действующими нормативами расчета по второму предельному состоянию – прочности, жесткости, трещиностойкости и зыбкости, эксплуатация памятника приостанавливается раньше исчерпания несущей способности, соответственно, за полный срок службы памятника не наступает, ни одно из двух групп предельных состояний: ни по несущей способности памятника, ни по непригодности его к эксплуатации. Это на диаграмме работы памятника представляется критической точкой, за которой следует падение несущей способности основных конструктивов подобно аварийному состоянию объекта.

Встает закономерный вопрос, каким параметрам по срокам службы памятника, отвечающим интервалом допустимых значений или их вероятностям, соответствуют предельные состояния конструктивов. Ответом на закономерный вопрос служит отсутствие повышающих и понижающих коэффициентов к нормативным нагрузкам, используемым в расчетах. Данный подход приводит к росту объемов проектируемых конструктивов и, соответственно, затрат в форме материальных и других ресурсов на ремонт, реставрацию, реконструкцию и эксплуатацию памятников. Таким образом, имеет место одно опасное сечение в сочетании с внешними воздействиями и нагрузками, поэтому для оптимизации подходов и предупреждения сбоев и отказов необходима локальная (местная) избыточность характеристик конструктивов, достигаемая техническими, технологическими и конструктивными операциями и приемами.

Из сказанного следует, метод расчета по предельным состояниям не решает задачу расчета памятника, не оценивает, количественно, надежность в полном смысле этого слова.

Нормативные методы расчета конструкций памятника на прочность и устойчивость недостаточно научно обоснованы и разработаны, что исключает оценку надежности в полном смысле этого термина, так как понятие термина надежности значительно шире, чем понятия прочность, жесткость, трещиностойкость, устойчивость, зыбкость и пр. Прочность по проектным и действительным характеристикам не обеспечивает надежность памятника на определенном промежутке времени. В практике случается, что несущих конструкции памятника через 9-10 лет эксплуатации деформируются из-за повышенной ползучести и трещинообразования, кирпич марки М150 разрушается после 3-4 циклов замораживания и оттаивания. Таким образом, прочность и надежность не равнозначные свойства – прочность является одним из составляющих надежности.

Динамические, статические, теплотехнические, акустические или другие виды расчетов преследуют цель обеспечить надежную и безопасную работу отдельного конструктива или функционирование памятника эти расчеты не являются расчетами надежности и не заменяют их, также эти расчеты не учитывают безотказность, долговечность и сохранность, которые, в свою очередь, являются функцией множества случайных факторов [23-26].

Необходимо отметить, что разработанные учеными модели динамики разрушения памятников от износа и старения несовершенны из-за ограниченности целенаправленной статистической и вероятностной информации. Совершенствование и развитие моделирования динамики разрушения памятников является одним из главных условий постановки и решения главных теоретических и прикладных проблем управления надежностью и качеством конструкций памятников истории и культуры.

Предельные состояния несущих конструкций памятников могут привести к физическому, моральному и социально-экономическому ущербу.

От назначения памятника зависят последствия отказов, то есть – чем больше вероятности последствий, тем должна быть выше ответственность памятника. Таким образом различают два вида ответственности памятника истории и культуры – экономическую и неэкономическую. Экономическая ответственность определяется экономическими требованиями, а неэкономическая – обеспечением надежности и безопасности памятника для жизнедеятельности человека.

В правилах учета ответственности обычных объектов строительства степень ответственности определяется ущербом: материальным и социальным, поэтому при достижении несущими конструкциями предельных состояний применяется коэффициент надежности, который, как правило, бывает обобщающими. Сказанное предполагает деление предельных значений несущей способности основных конструктивов, расчетных значений их сопротивлений, а также предельных значений деформаций и ширины раскрытия трещин на коэффициент надежности памятника по назначению. Может быть, и умножение расчетных значений нагрузок, усилия или напряжений на коэффициент надежности по назначению. Количественные значения коэффициента надежности по назначению различны и принимаются в зависимости от класса ответственности памятников истории и культуры: одноэтажные памятники могут быть к III классу; двух – более этажные, в нашем случае до семи этажей максимально, относят к II классу. Коэффициент надежности памятников II класса, по аналогии с обычными зданиями и сооружениями, можно принять 0.95.

Обозначенное деление памятников на классы закономерно, так как последствия вероятных наступлений предельных состояний несущих конструктивов могут иметь значительные масштабы, отсюда следует, что на практике имеет место зависимость запаса физико-механических характеристик несущих конструкций от срока службы или долговечности.

Актуальным сегодня для практики проектирования является необходимость создания норм расчета несущих конструкций, основанных на

принципах безопасности эксплуатации в двух основных параметрах – экономической, связанном с продолжительностью эксплуатации, и конструктивном, связанном с предельной деформацией несущей конструкции. С обозначенными параметрами завязана динамичность силовых факторов, физические и физико-механические свойства материалов и напряженно-деформированное состояние конструкций.

Необходимо отметить, что описанная выше многокритериальная задача оптимизации надежности объектов культурного наследия на основных этапах их жизненного цикла в настоящее время все еще до конца не решена. Недостаточно внимание уделяется совершенствованию методов расчета несущих, самонесущих и ограждающих конструкций с учетом конкретики выходных характеристик и повышенного контроля качества исходных полуфабрикатов, материалов, и изделий, но, тем не менее, достигаемое таким образом снижение запаса прочности не приводит к изменению в отрицательную сторону надежности. Если не повысить надежность специальными методами, то она падает с ростом интенсивности нагрузок и воздействий. Чем сложнее памятник истории и культуры функционально, конструктивно и технически, тем он менее надежен. И это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании ремонтных, восстановительных, реставрационных, реконструктивных и модернизационных работ на объектах культурного наследия.

Необходимо иметь ввиду, что количество конструктивных элементов памятника прямым образом влияет на надежность. Широкий разброс в сроках службы полуфабрикатов, изделий, конструкций и деталей также влияет на надежность отдельного элемента и может быть причиной ненадежной работы всего памятника, поэтому с учетом уровня надежности основного элемента памятника и должны быть определены допуски на выходные параметры, чтобы рассчитать надежность целиком объекта.

Нарушения правил и норм проектирования и конструирования, ошибки проектировщиков, конструкторов и технологов, определивших правильное

применение материалов и технологии являются причинами сбоев и отказов систем и жизненных циклов памятников. Следовательно, проектировщик и конструктор должны знать не только номенклатуру изделий, но и образцы новых, современных и перспективных материалов для ремонтно-реставрационных нужд.

Важно знать, в этой связи, физические и физико-механические свойства составов и материалов, и, в первую очередь, их надежность, стойкость и долговечность. Незнание характеристик материалов приводит к принятию технически неверных решений, приводящих к неоправданным экономическим затратам [12, 27, 38, 39, 49].

Вышеотмеченное имеет отношение к трем свойствам из четырех (Рисунок 3.4), которые охватывают надежность, как системное свойство памятника: долговечности, сохраняемости, безотказности.



Рисунок 3.4 – Соотношение качества и надежности конструктивов памятника истории и культуры

Ремонтопригодность – является четвертым свойством, определяющим также реставрационную пригодность, реконструктивную и модернизационную пригодность.

Ремонтной, реставрационной, реконструктивной и модернизационной пригодности объектов культурного наследия уделяется недостаточно внимания в практике проектирования. Более того, эти показатели не нормируются, недостаточно обеспечиваются технически и технологически и не оцениваются должным образом с экономической точки зрения, что весьма отрицательно сказывается на повышении устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа.

Соотношение качества и надежности конструктивов памятника можно интерпретировать через дискретные конечные пространства:

$$K = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}, \quad (3.1)$$

где

a_n – элементы пространства качества K , $a_n \in K$.

По-другому пространство качества формально можно представить как:

$$K = \{ a_1, a_2, \dots, a_n, H \}, \quad (3.2)$$

где

H – надежность – подмножество пространства качества,

$$\text{или } H = \{ c_1, c_2, c_3, c_4 \} \quad (3.3)$$

$$H \in K, \quad (3.4)$$

где

C_1 – безотказность,

C_2 – ремонтпригодность,

C_3 – сохраняемость,

C_4 – долговечность.

Применимость показателей надежности для оценки групп полуфабрикатов, изделий, материалов и пр. представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Применимость показателей надежности для оценки групп ПИМ

NN п.п.	Показатели надежности	Полуфабрикаты, изделия, материалы (ПИМ)				
		Расходуемые физически			Расходующие ресурс	
		Природные - сырье	Материалы	Изделия	Неремонтируемые	Ремонти- руемые
1	Безотказность	-	-	-	+	+
2	Долговечность	-	-	-	+	+
3	Ремонтно- пригодность	-	+	+	-	+
4	Сохраняемость	+	+	+	+	+

Будучи комплексным свойством, надежность (Н) представляет собой совокупность четырех свойств: безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости и долговечности, которые зависимо и независимо применяются для оценки показателей надежности функционирования памятников истории и культуры.

3.1.3. Обеспечение надежности на этапах ремонта, реставрации и реконструкции

Практическим аспектам моделирования жизненного цикла этих трех основных видов объектов культурного наследия посвящена работа Суходоевой О.В. и Каракозовой И.В. [142], которая не в полной мере отражает этапы, стадии и процессы жизненного цикла памятников истории и культуры. В разработанной нами схеме (Рисунок 3.5) расширены аспекты этапирования жизненного цикла памятника, включающие стадии восстановления, реконструкции, модернизации, сноса и утилизации. Разработана также модель жизненного цикла памятника истории и культуры башенного типа (Рисунок 3.6), в сравнении с моделью жизненного цикла объекта строительства, которая расширяет известную модель жизненного цикла [142].



Рисунок 3.5 – Стадии и этапы жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа

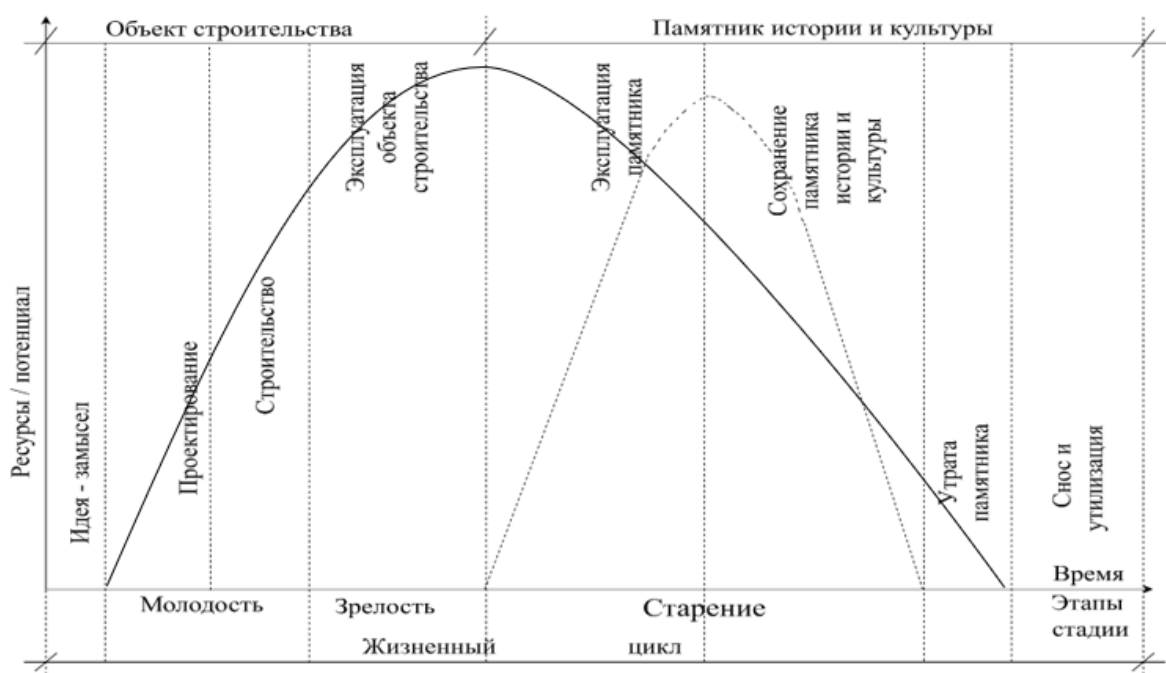


Рисунок 3.6 – Модель (сопоставительная) жизненного цикла памятника истории и культуры башенного типа

Фазы жизненного цикла объектов культурного наследия, структурная характеристика:

1. Прединвестиционная стадия:

- технико-экономическое обоснование проекта;
- разработка инвестиционной концепции;
- оценка историко-культурной ценности объекта.

2. Изыскательский этап:

- историко-архивные изыскания;
- геодезическая съемка;
- конструктивно-техническая диагностика;
- материаловедческий анализ.

3. Проектный цикл:

- архитектурно-реставрационное проектирование;
- разработка охранной документации;
- создание научно-проектной концепции.

4. Эксплуатационная фаза:

- регулярный мониторинг состояния;
- техническое обслуживание (текущие ремонтные работы, планово-предупредительные мероприятия).

5. Строительно-восстановительные работы:

- адаптивное приспособление объекта;
- научная реставрация;
- консервационные мероприятия.

6. Капитальные мероприятия:

- комплексная реставрация;
- усиление конструкций;
- модернизация инженерных систем.

7. Специальные режимы содержания:

- консервация объекта;
- реабилитация исторической среды;
- функциональная ревитализация.

8. Завершающий этап:

- научно обоснованный вывод из эксплуатации;

- документирование объекта;
- демонтаж с сохранением элементов;
- утилизация конструктивных материалов.

Каждая фаза требует специальных методик и технологических решений, учитывающих историческую ценность объекта, особенности строительных материалов, современные требования к сохранению наследия, экономическую целесообразность мероприятий.

На рисунках 3.5 и 3.6 приведены практически все этапы жизненного цикла памятника истории и культуры, но в настоящем параграфе ставится цель представить практические аспекты обеспечения надежности памятника на этапах ремонта, реставрации и реконструкции, а в следующих параграфах в логической последовательности будет рассмотрено поддержание надежности на этапе эксплуатации жизненного цикла, будут также исследованы теоретические и практические аспекты оценки показателей надежности памятника на основных этапах жизненного цикла с разработкой методологии установления критериев отказов и предельных состояний.

Теоретический уровень надежности не всегда равен нормативному уровню надежности памятника, поэтому при проектировании учитывается теоретический уровень, который по своему количественному значению приблизительно равен нормативному значению. В процессе ремонта, реставрации и реконструкции памятника производится надежность фактическая на отдельно взятом этапе жизненного цикла.

Методологические основы обеспечения надежности объектов культурного наследия:

1. Концептуальный подход.

На всех этапах жизненного цикла (ремонт, реставрация, реконструкция) обеспечение надежности памятников должно базироваться на системном учете дестабилизирующих факторов, представленных на рисунке 3.7. Разрабатываемая программа надежности должна интегрировать комплекс взаимосвязанных аспектов.

2. Ключевые компоненты программы.

2.1. Характеристики конструктивных элементов:

- параметры несущего каркаса и ограждающих конструкций;
- показатели элементов, подверженных физическому и моральному старению.

2.2. Анализ внешних воздействий:

- идентификация агрессивных факторов окружающей среды;
- оценка интенсивности разрушающих процессов.

2.3. Технологический комплекс:

- система восстановительных мероприятий;
- методы контроля качества работ;
- организация производственных процессов.

3. Аналитический инструментарий.

Программа должна включать современные методы оценки:

- статистический анализ показателей надежности;
- аналитические модели мониторинга состояния;
- критерии принятия технических решений.

Такой подход обеспечивает научную основу для управления сохранностью памятников, сочетая превентивные меры с эффективными технологиями восстановления.

При разработке программы повышения надежности памятника на основных этапах жизненного цикла необходимо предусмотреть систему сбора и анализа статистических данных об отказе и сбоях при функционировании как самого памятника, так и отдельных его конструктивов. Необходимо предусмотреть также разработку методики регистрации и анализа сбоев и отказов, имея в виду соблюдение требований установления недостатков в работе несущих конструкций памятника.

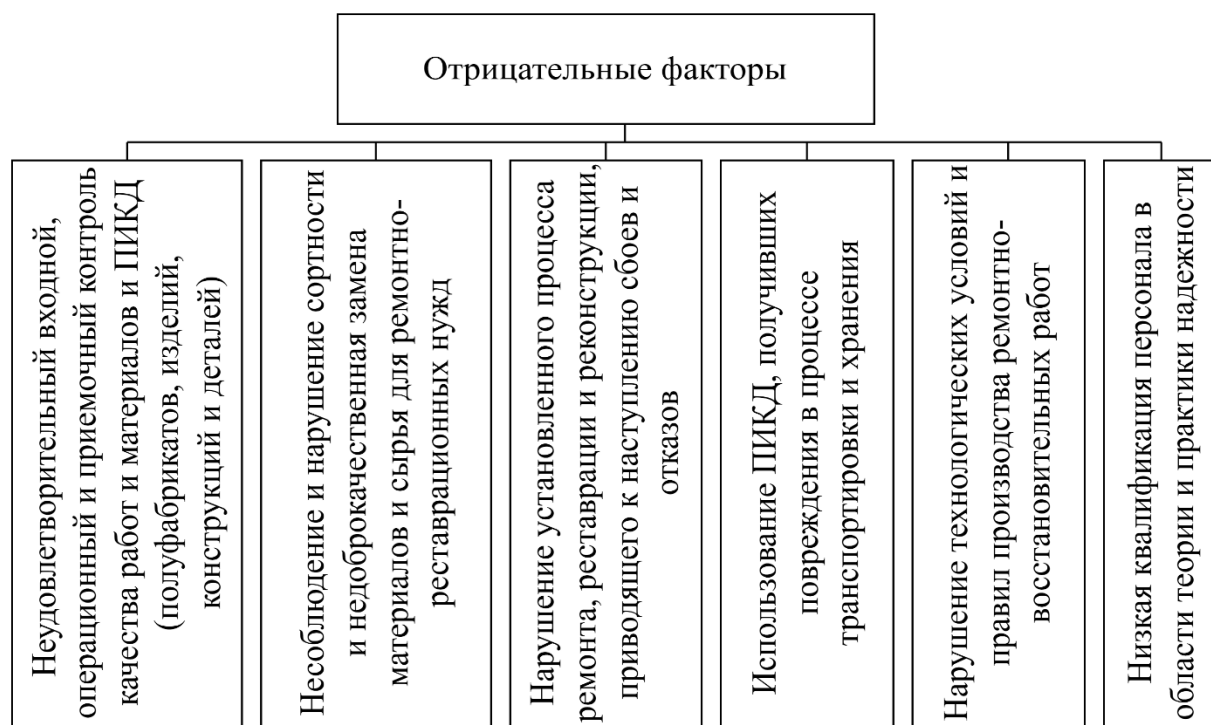


Рисунок 3.7 – Отрицательные факторы, влияющие на обеспечение надежности на этапах ремонта, реставрации и реконструкции жизненного цикла

Имея в виду, что проектная и фактическая надежность не должны быть ниже нормативной, необходимо основное внимание производителей, конструкторов и проектировщиков направить на создание реальных и долговечных конструкций и технических систем.

В практике обеспечения надежности памятника истории и культуры имеют место быть понятия «контроль качества» и «контроль надежности», которые по своей сути и природе неодинаковы. Контроль качества обеспечивается проверкой выходных параметров, характеристик и отклонений. Для контроля надежности недостаточно проверить эти параметры и характеристики, необходимо также проверить еще и срок сохранения памятником требуемых характеристик в процессе эксплуатации или после ремонта, реставрации и реконструкции. Высокие выходные параметры памятника, такие как прочность, трещиностойкость, жесткость, динамическая стойкость и пр., еще не создают достаточных условий для качества, если они теряют свое практическое значение по истечении определенного отрезка времени.

Таким образом, высокое качество предполагает не только высокие выходные технические, технологические и др. параметры, но и высокий уровень их надежности. Эффективность проектных решений ремонта, реставрации и реконструкции должна определяться не только высокими первоначальными характеристиками, но и надежностью выходной продукции памятника. Нарушение работоспособности памятника и есть отказ, т.е. частичная или полная утрата качества. При построении теории надежности определение отказа как события, имеющего случайный характер, является первым постулатом.

Надежность – это функция сохраняемости и устойчивости качества памятника в зависимости от возмущений, проявляющихся во времени. В понятие надежности входит выполнение памятником заданных функций, время, в течение которого они выполняются, режим и условия эксплуатации памятника, в которых реализуются заданные функции в установленной системе ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации. В вышеизложенном состоит физический смысл понятий надежности и качества памятника. Необходимо отметить, что экономическая целесообразность повышения надежности и качества может противоречить с использованием современных технологий ремонта, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия, то есть надежность и качество могут выше в техническом плане и ниже – в экономическом. Пределом повышения надежности и качества памятника является не технологическая и техническая возможность, а технико-экономическая эффективность. Поэтому на практике имеют место задачи оптимизации надежности объектов культурного наследия как основной части главной проблемы повышения качества продукции строительного комплекса.

Для объектов культурного наследия надежностный подход не является новым. Надежность и безопасность во все времена были главными задачами инженерной науки несмотря на то, что проблема надежности рассматривалась как безопасность объектов строительства, включая объекты культурного

наследия, и решалась путем повышения запасов прочности, что приводило к росту массивности объектов [51].

В результате строительства, в средние века, объектов различного назначения, ныне памятников истории и культуры, с массивными каменными стенами из сухой кладки или кладки с использованием гипсовых, ангидритовых, магнезиальных и известняковых известковых вяжущих веществ создавались надежные и вечные каменные сооружения со сроками службы 500-800 и более лет. Поэтому в современном традиционном строительстве с использованием массивных конструкций из мелкоштучного каменного материала вопросы надежности рассматриваются наравне с долговечностью, потому что камень является природным материалом, имеющим низкую гигроскопичность, впитывает мало влаги и обладает высокой морозостойкостью. В конструкциях из гигроскопичного материала происходит постепенное разрушение скелета, что приводит к утрате материалами плотности и прочности, в результате чего конструкция теряет несущую способность и сохраняется срок ее службы. Прослеживание соответствия физических и физико-механических свойств составов и материалов для ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструктивных нужд нормативным требованиям является одним из главных условий обеспечения надежности памятника на этапах ремонта, реставрации и реконструкции.

3.1.4. Обеспечение надежности на этапе эксплуатации

Результаты исследований в области повышения устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия показали, что производственная и конструктивная надежность памятника может снизиться при его эксплуатации, если надлежащим образом не будут учтены и соблюдены режим и условия эксплуатации несущих, самонесущих и ограждающих конструкций. Поэтому для поддержания надежности памятника на этапе эксплуатации необходимо учитывать главные эксплуатационные факторы, представленные на рисунке 3.8.

С целью сокращения ошибок и затрат в программе поддержания надежности памятника на этапе эксплуатации жизненного цикла необходимо уделить особое внимание применению автоматизированных и механизированных средств контроля технического состояния объекта культурного наследия. Программа должна определить также систему сбора и разработки эксплуатационной информации, планирования визуальных и инструментальных наблюдений и расчета показателей надежности несущих конструкций по результатам наблюдений и технической экспертизы. Характеристика памятника должны быть оценены на этапе проектирования, а при сборе информации должен быть проведен анализ причин признаков и последствий сбоев и отказов, который сообщается проектировщику и эксплуатационщику.

Эксплуатационные сбои и отказы анализируются для разработки мероприятий по их устранению и сообщаются проектировщику ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструктивных работ для конструкторской и проектной доводки.

Разработка комплексной программы обеспечения надежности объектов культурного наследия.

Создаваемая программа должна включать строгие нормативы, гарантирующие:

- безопасность проведения восстановительных работ;
- техническую надежность реставрационных решений;
- соответствие современным стандартам качества.

Научное сопровождение реставрационной деятельности.

В настоящее время значительный исследовательский потенциал сосредоточен в специализированных организациях, занимающихся:

- мониторингом состояния памятников архитектуры;
- анализом дефектов и аварийных ситуаций;
- разработкой методов устранения повреждений;
- совершенствованием реставрационных технологий.



Рисунок 3.8 – Система поддержания надежности памятника истории и культуры башенного типа

Эти учреждения осуществляют систематизацию накопленного опыта, выявляя типичные ошибки проектировщиков и реставраторов. Их деятельность способствует повышению качества восстановительных работ и разработке эффективных профилактических мер.

Случаи обрушений и повреждений каменных стен 4–5 этажных башенных сооружений с четырьмя несущими стенами происходили, преимущественно в весенний период, из-за низкой несущей способности стен и потери прочности на сжатие и сцепление раствора каменной кладки. Замена требуемых по проекту известковых растворов на цементные растворы и применение привозного камня вместо песчаникового камня твердой структуры не были компенсированы другими временными мероприятиями по повышению несущей способности кладки стен, такими как усиление связями и стойками, применение многокомпонентных гидравлических известковых растворов и составов и пр. Не были произведены соответствующие расчеты вероятности безотказной работы каменной кладки [51]. Специалистами неоднократно отмечались случаи обрушения памятников истории и культуры, которые были возведены на просадочных грунтах сейсмоопасных территорий. Основными причинами аварий и деформаций памятников истории и культуры являются невыполнение специализированными организациями мероприятий по усилению оснований и грунтов, недопущению ослабления деформационных и прочностных свойств грунтов оснований фундаментов, неудовлетворительное выполнение водозащитных мероприятий, предусмотренных проектами реставрации, ремонта и реконструкции, и отсутствие мониторинга в процессе эксплуатации объектов культурного наследия.

Вследствие систематического и длительного увлажнения основания произошло водонасыщение просадочной (лессовой) толщи под памятником, возведенном на береговом откосе, вызвавшее снижение деформационных и прочностных характеристик просадочного оползня, что привело к обрушению памятника истории и культуры.

Из-за отсутствия и недостатка систематизированных данных отсутствует возможность представления сведений о распределении по количественным показателям и удельному весу производственных, эксплуатационных и конструкционных отказов и данных о распределении влияния различных факторов на надежность различных видов конструкций и технических систем памятников, что имеет большое значение для разработки мероприятия по повышению надежности, что является серьезным пробелом, который может быть компенсирован только организацией сбора и обработки целевой информации, повышающей качество и эффективность функционирования памятников истории и культуры башенного типа.

Для комплексного решения проблемы надежности памятников на этапе эксплуатации жизненного цикла недостаточно знание физических и механических основ, причин и скорости старения и износа несущих, самонесущих и ограждающих конструкций и технических систем и устройств, разработки и реализации теоретических и экспериментальных методов определения срока службы памятника. Необходимо принимать во внимание условия проектирования, ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции, модернизации, а самое главное, эксплуатации памятника. Необходимо также считаться с влиянием на долговечность памятника многочисленных факторов окружающей объемно-пространственной среды, которые в форме разного рода возмущений, пространств нагрузок и воздействий, остаются, даже при глубокой изученности механизма износа и старения, неохваченными и нереализованными. Взаимодействующие условия и сопутствующие факторы имеют стохастическую природу и уже признают, что и многие воздействия, и нагрузки, включая снеговую и ветровую, и механические, геометрические и другие характеристики, также как прочность, влажность, воздухопроницаемость, твердость и пр., являются случайными величинами. Случайными величинами являются время и место возникновения неисправностей сбоев и отказов, продолжительность безотказной работы, длительность эксплуатации до ремонта, восстановления, реставрации и

реконструкции, последующий поток отказов и модернизаций, общий срок эксплуатации, представляют собой случайные функции, характеристики которых – математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, дисперсия случайной функции и другие, изменяются во времени.

В вышесказанном заключается первая идея надежного подхода в расчетах конструкций памятника. Вторая идея надежного подхода заключается в отождествлении безотказности и вероятности нахождения параметров конструкции памятника в некоторой допустимой области, выход из которой именуется отказом или нарушением надежности. Третья же идея состоит в том, что отказ является, как правило, следствием постепенного накопления повреждений, остаточных деформаций, механического и коррозионного износов, растрескивание, трещинообразования и пр. в памятнике. Отмеченные повреждения, достигнув максимальных значений, начинают препятствовать нормальной эксплуатации памятника, выводя его в состояние дисфункционирования. Исключением является случайные отказы, которые могут возникнуть как в начальные период эксплуатации, так и в период нормальной эксплуатации. В данном случае предельное состояние несущих конструкций, обеспечивающих надежность и безопасность эксплуатации памятника, нельзя рассматривать как событие, имеющее массовый характер [51]. И последняя, четвертая, идея состоит в том, что эксплуатация памятника может быть прекращена не по физическим причинам, а из-за технико-экономической целесообразности. Сближение физических и экономических факторов остается резервом повышения эффективности инвестиций и функционирования памятников.

Современная теория надежности развивается в направлении техники управления, информационных и телекоммуникационных систем. В области строительства, ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации объектов культурного наследия теории надежности еще мало используется.

В теории надежности памятников истории и культуры обеспечиваются общий подход, определяются общие состояние и общие свойства памятников

и технических систем независимо от их физической и материальной природы, к которым относятся исправность, неисправность, работоспособность и отказ, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность и надежность. Наличие общих взаимосвязанных и взаимозависимых основных свойств и состояний, носящих закономерный характер, позволяет выработать количественные показатели, необходимые для того, чтобы сопоставлять между собой свойства различных элементов по вероятностным характеристикам их функционирования на этапе эксплуатации жизненного цикла памятника. Это и есть новое и общее, что отличает теорию надежности объектов культурного наследия. Теория надежности памятника на этапе эксплуатации соединяет разнородные технические и технологические характеристики элементов и систем различной природы в соответствии с общностью их состояния и существенных свойств на одном этапе жизненного цикла.

Надежность на этапе эксплуатации жизненного цикла устанавливает закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности систем и устройств памятника, рассматривает влияние внешних и внутренних воздействий, создает математические основы количественной оценки надежности и прогнозирования отказов.

Эксплуатационная надежность определяет способы повышения надежности систем и сохранения ее в эксплуатации, определяет методику сбора, учета и анализа статистической и вероятностной информации, характеризующей надежность и методы и способы оценки экономической эффективности средств повышения надежности.

Управление надежностью памятников на этапе эксплуатации – это установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня надежности объектов культурного наследия путем систематического контроля надежности и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на надежность.

Поставленные цели конкретны для каждого конкретного памятника и связаны с его состоянием и свойствами. Целью может быть достижение определенного состояния управляемой системы, либо перевод ее в заданное состояние в определенное время. Выполнение ремонтных с целью ликвидации отказа может быть примером перевода памятника в работоспособное состояние. Срок службы до капитального ремонта можно рассматривать как промежуточное состояние работоспособности и границу технической необходимости и экономической эффективности проведения ремонтных, восстановительных, реставрационных, реконструктивных и модернизационных работ.

Для эффективного управления надежностью на этапе эксплуатации жизненного цикла памятника необходима информации о состоянии и общих свойствах памятника и окружающей объемно-пространственной среды, в котором находится памятник. На основе данной информации разрабатывается управления система, направленная на достижение поставленной цели. Из сказанного можно сделать вывод о том, что управление надежностью на этапе эксплуатации можно определить как процесс целенаправленной переработки информации.

Таким образом, применение методов теории надежности к решению задач обеспечения надежности памятников истории и культуры на этапе эксплуатации жизненного цикла требует значительного увеличения объема информации об объекте и об окружающей объемно-пространственной среде, что является необходимым условием объективного прогнозирования поведения несущих, ненесущих, самонесущих и ограждающих конструкций, определения их надежности и повышения качества и эффективности функционирования рассматриваемых объектов культурного наследия.

3.2. Оценка показателей надежности на основных этапах жизненного цикла

3.2.1. Основные показатели надежности памятника истории и культуры

Показатель надежности памятника представляет собой количественную характеристику одного или нескольких свойств, определяющих надежность памятника. Он характеризует, в какой мере конкретному памятнику присущи некоторые свойства, оценивающие его надежность, может иметь размерность или быть безразмерным показателем. При исследовании показателей надежности необходимо различать следующие факторы: наименование показателя, его численное значение, меняющееся в зависимости от условий эксплуатации памятника, стадийности создания или функционирования; сущность и формулировка исследуемого показателя, содержащего указания на методы и способы расчетного или экспериментального вычисления численного значения; размерность показателя. Перечисленные четыре элемента обуславливают понятие показателя надежности памятника.

Необходимо отметить, что преобладающее большинство показателей надежности памятника истории и культуры представляют собой случайные величины или распределение случайных величин наработки, времени до сбоя или отказа, времени между сбоями или отказами и времени восстановления, то есть – средний ресурс, как математическое ожидание или один из параметров распределения случайной величины, в нашем случае – технического ресурса памятника.

Большинство показателей надежности зависит не только от свойств оцениваемого памятника, но и от режима эксплуатации, свойств окружающей объемно-пространственной среды, включая климатические условия, квалификации и опыта персонала, наличия технической документации, вспомогательного оборудования, изделий, конструкций и пр.

В отличие от большинства других показателей надежности, в нашем случае возможно прямое измерение показателя надежности значение которого

можно рассчитать математической обработкой исходной информации: срок службы, число сбоев и отказов и наработки [56-62, 122, 125, 128].

Расчет показателя надежности – это есть прогнозирование и оценка его определением числовых значений. Прогнозирование надежности – в большинстве случаев есть расчет значений ее показателей для памятника, в целом, на основе данных о значениях показателей надежности его конструктивов. Оценка надежности памятника состоит в определении значений показателей его надежности на основе вероятностных и статистических данных о проявлениях случайных величин при функционировании данного памятника, которых именуют статистическими оценками показателей надежности, имеющих две формы определения: аналитическую и статистическую.

Аналитическая форма определения показателя надежности дает истинное значение показателя, соответствующее совокупности памятников и срокам их службы. Статистическая форма дает приближенную оценку отличную от истинного, которая получается обработкой статистических данных по выборке из полного числа памятников и полных сроков их службы. Частные проявления случайных величин зависят как от памятника, так и от условий, в которых памятник находится. Это говорит о том, что необходимо глубоко анализировать причины сбоев и отказов, а также переходов в предельное состояние и пр. Основными нормируемыми показателями надежности здесь служат величины, имеющие отношение не только к отдельным экземплярам, но и к их главным совокупностям. Нормирование значений показателей надежности проводится регламентацией конкретных условий определения и контроля этих показателей.

Единичный показатель надежности характеризует одно из свойств памятника, составляющих его надежность, т.е. характеризует только одно свойство надежности памятника.

Можно привести примеры единичных показателей надежности:

- наработка на отказ памятника, характеризующая важный показатель-безотказность;
- гамма-процентный ресурс памятника до ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации, характеризующий долговечность;
- среднее время восстановления работоспособности памятника, характеризующее ремонтпригодность;
- назначенный срок службы ПИКД, характеризующий его сохраняемость.

Второй показатель – комплексный показатель надежности памятника, характеризует несколько свойств, составляющих надежность. Этот показатель характеризует не менее двух основных свойств, таких как безотказность и ремонтпригодность. Примером данного показателя может служить коэффициент готовности, коэффициент технического использования и пр. Другими словами комплексный показатель надежности является функцией суммарных затрат времени, труда и средств на ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию в течение определенного промежутка времени.

При расчетах надежности памятников архитектуры особое значение приобретают показатели безотказности, представленные на рисунке 3.9. Эти параметры подлежат последующей математической формализации и моделированию.

Данный подход особенно актуален для воссоздаваемых памятников, чей жизненный цикл характеризуется повторяющимися периодами эксплуатации и восстановления.

Физический смысл плотности вероятности отказа заключается в вероятности отказа за достаточно малую единицу времени и характеризует скорость изменения вероятности отказа [16, 160]. Показатели долговечности представлены на рисунке 3.10, показатели ремонтпригодности и сохраняемости – на рисунке 3.11, и комплексные показатели надежности – на рисунке 3.12.



Рисунок 3.9 – Количественные показатели безотказности башенных объектов культурного наследия



Рисунок 3.10 – Комплексные показатели долговременной сохранности башенных объектов культурного наследия

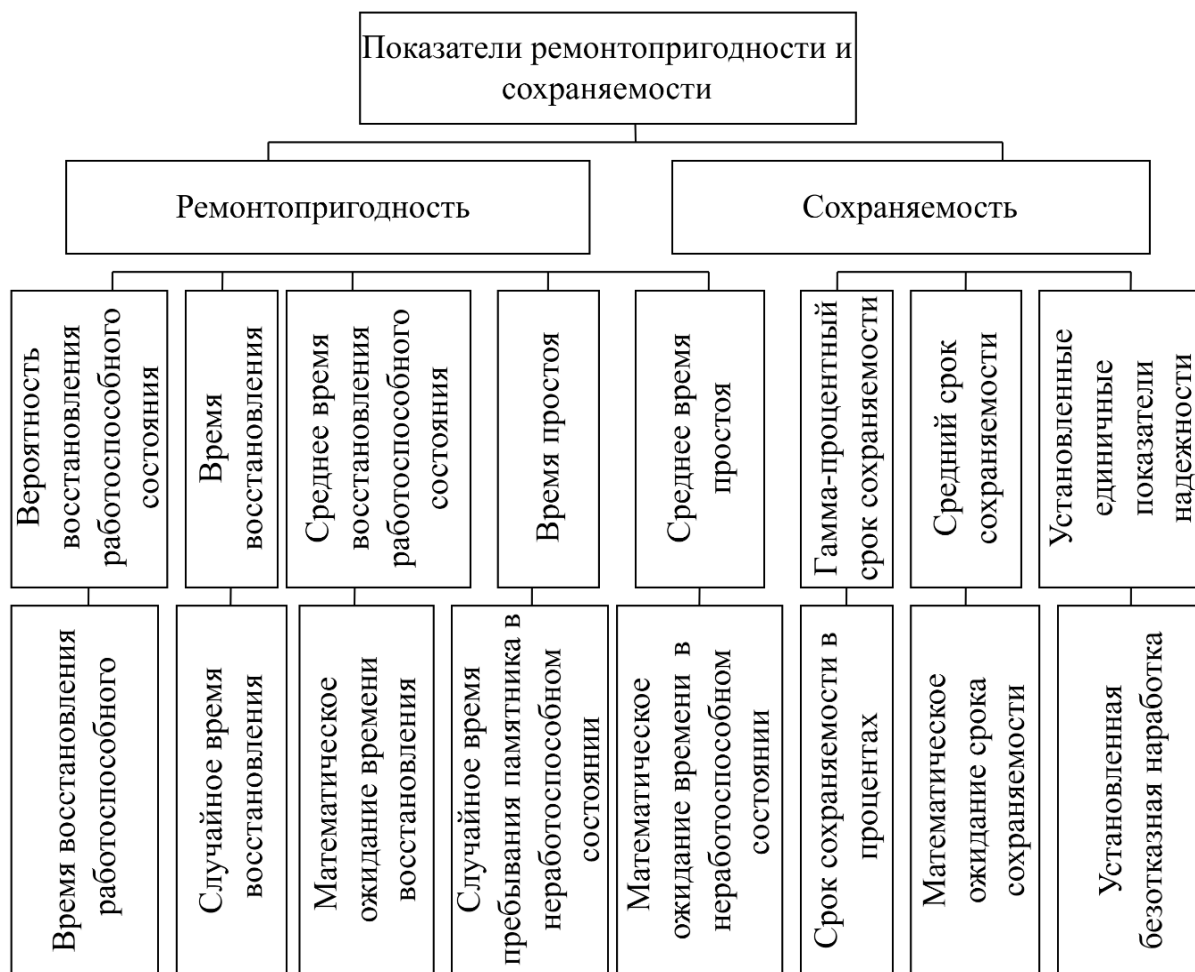


Рисунок 3.11 – Комплексные показатели ремонтпригодности и сохраняемости башенных объектов культурного наследия

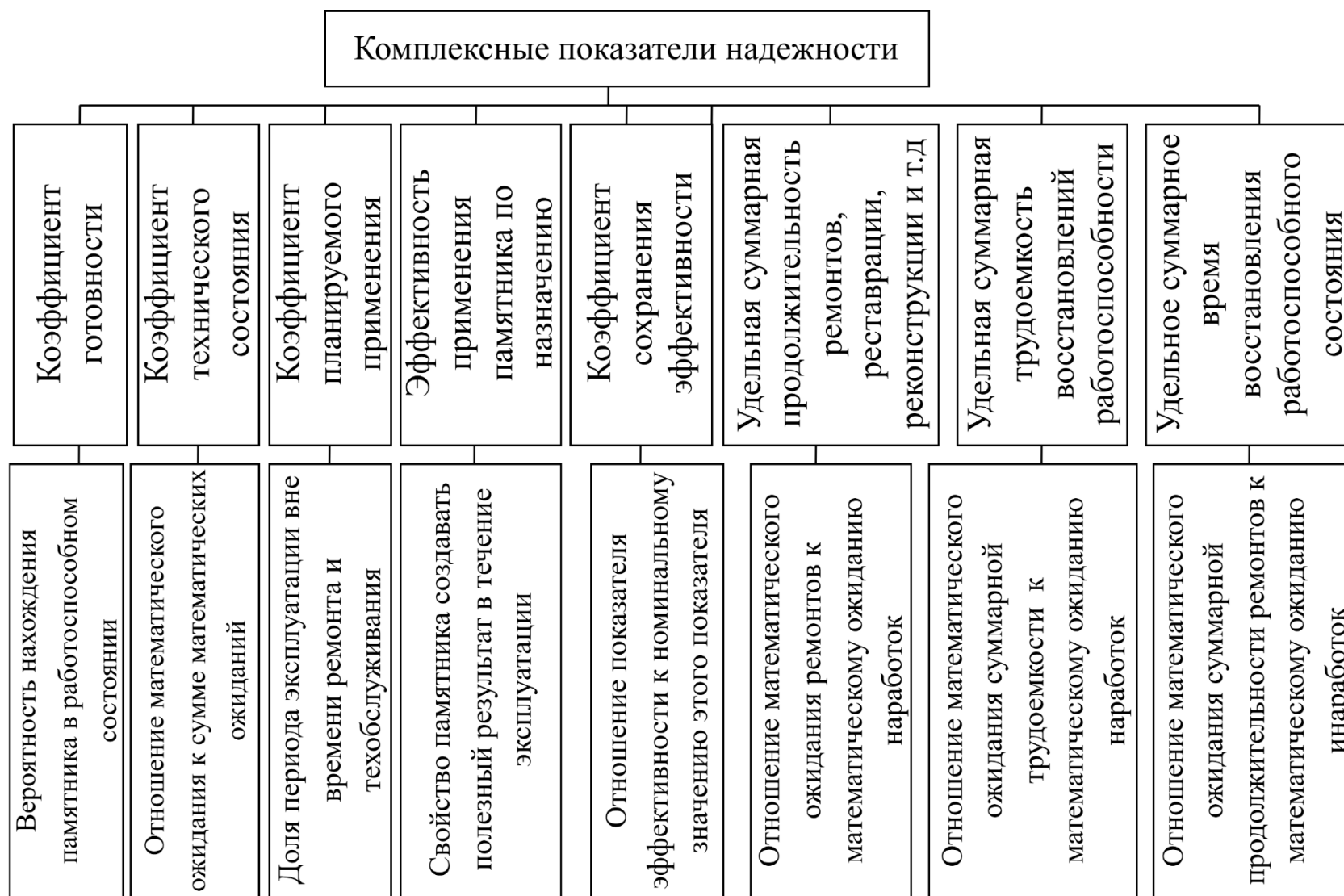


Рисунок 3.12 – Комплексные показатели надежности ОКН башенного типа (формализованы и рассчитаны в главе 4)

3.2.2. Методология установления критериев отказов и предельных состояний

Для достоверной оценки технического состояния памятника истории и культуры проектировщиком, заказчиком и подрядчиком в нормативных и технических документах предусматривают критерии предельных состояний и отказов, которые должны опережать выбор и нормирование показателей надежности. Они должны обязательно присутствовать в эксплуатационных, ремонтных, восстановительных, реставрационных, реконструкционных и модернизационных документах с соблюдением общих технических условий, правил эксплуатации, ремонта, реставрации и пр. [63-72].

Разработчиком проектно-сметной документации определяются признаки предельных и неработоспособных состояний памятника и их выбор для включения в нормативно-технические документы.

По отличительному признаку или по совокупности признаков неработоспособного состояния устанавливается критерии отказов памятников. Выходом за определенный допуск хотя бы одного из заданных параметров оценивается нарушение работоспособного состояния памятника.

По отличительным признакам, на основании которых делается вывод о невозможности дальнейшей эксплуатации памятника, устанавливаются критерии предельных состояний. Причины, согласно которым считается невозможным дальнейшее использование памятника, приведены на рисунке 3.13. Правила установления критериев отказов и предельных состояний представлены на рисунке 3.14.

При расчете критериев отказов и предельных состояний памятника учитывается информация, представленная на рисунке 3.15, а также необходимо использовать результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок, эксплуатации и испытаний и анализа причин отказов памятника и памятников-аналогов, их конструктивов и ПИКД. Прямые признаки отказов и предельных состояний показаны на рисунке 3.16 и косвенные на рисунке 3.17.

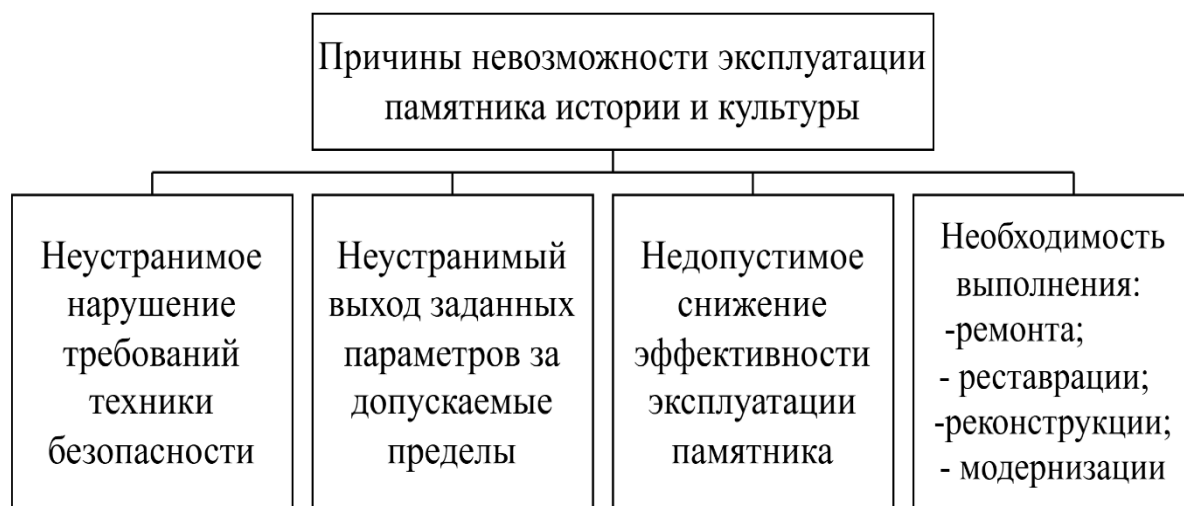


Рисунок 3.13 – Причины невозможности эксплуатации памятника истории и культуры



Рисунок 3.14 – Правила установления критериев отказов и предельных состояний памятника истории и культуры

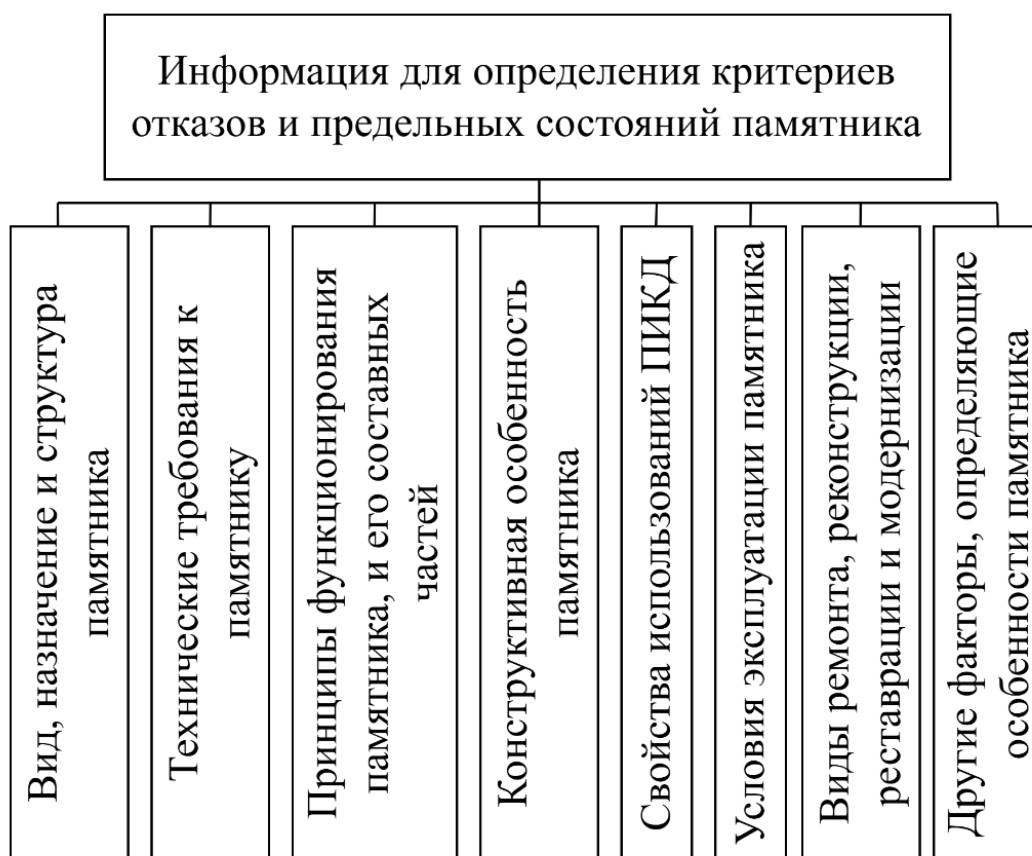


Рисунок 3.15 – Информация, необходимая для определения критериев отказов и предельных состояний памятника истории и культуры

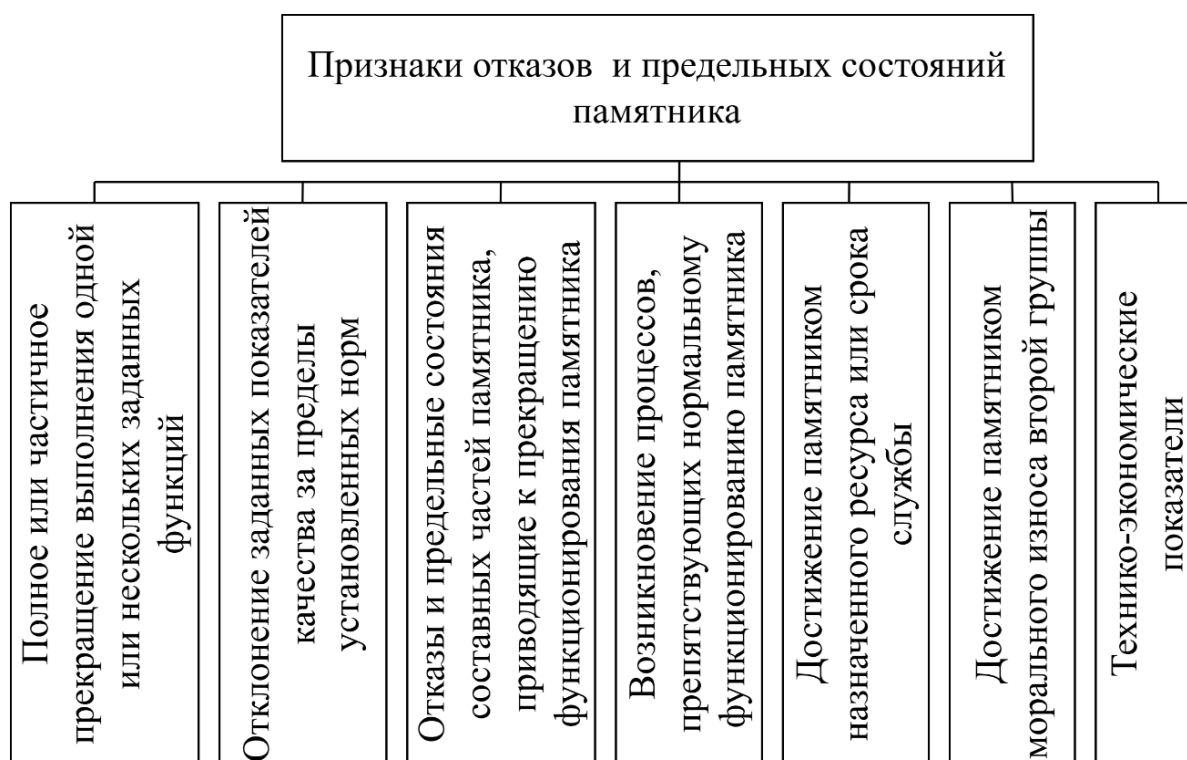


Рисунок 3.16 – Прямые признаки отказов и предельных состояний памятника истории и культуры

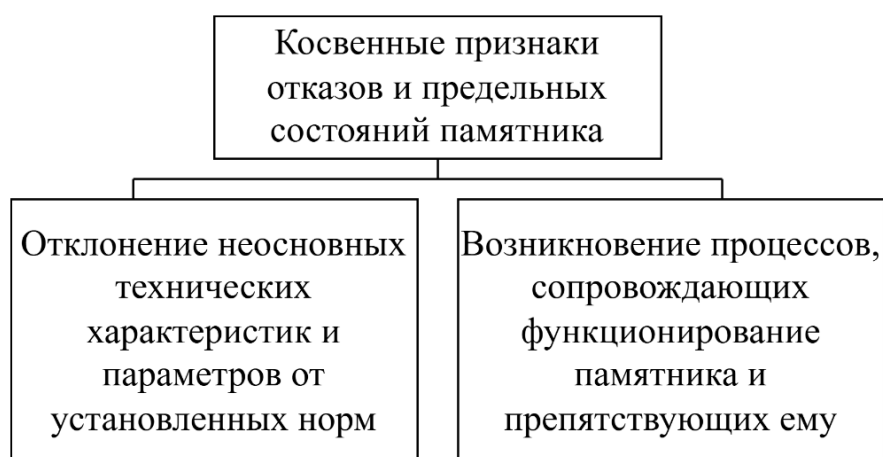


Рисунок 3.17 – Состав косвенных признаков отказов и предельных состояний памятника истории и культуры

Признаки, отобранные для применения в качестве критериев отказов и предельных состояний памятника, должны обеспечить простоту обнаружения наличия отказов и предельных состояний с помощью технических средств, допустимое запаздывание между моментами возникновения отказов или предельных состояний и моментами их обнаружения, и достоверность и однозначность признака, то есть максимальное соответствие признака отказу или предельному состоянию, исключающие возможность принятия ложного решения о возникновении или не возникновении отказов и предельных состояний.

Отбор признаков отказов для применения их в качестве критериев отказов выполняют после определения возможных отказов памятника. Непосредственные прямые или косвенные воздействия на эксперта явлений, характерных для неработоспособного состояния памятника или процессов, связанных с ним, таких как изменение показателей контрольного устройства, возникновение определенных шумов и т.д., называются признаками отказов. Возникновение отказа в конкретном памятнике может сопровождаться несколькими признаками, характеризующими факт отказа. Это имеет место и в отношении предельного состояния, наступление которого может сопровождаться несколькими признаками.

Конкретные изменения, внешние проявления в памятнике, вызывающие возникновение отказа, являются характерными признаками отказов, таких как растрескивание, обрушение, коррозия, деформация прогиба, просадка и т.д. Причиной отказа памятника являются дефекты, допущенные при конструировании и проектировании, производстве, ремонтах, реставрациях и реконструкциях, нарушения норм и правил эксплуатации, а также процессы старения и изнашивания (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Классификация отказов памятника истории и культуры

NN п.п.	Наименование признака классификации	Вид отказа	Примечание
1	2	3	4
1	Характер изменения основного параметра памятника до отказа	Внезапный Постепенный	Ошибка конструктора Несовершенство технологии Нарушение правил эксплуатации
2	Возможность последующего использования памятника после отказа	Частичный Полный	
3	Связь между отказами	Устойчивый Сбой Перебегающий	
4	Наличие внешних проявлений отказа	Явный Неявный	
5	Причина возникновения отказа: -конструирование -изготовление -эксплуатация	Конструкционный Производственный Эксплуатационный	
6	Природа происхождения	Естественный Искусственный	
7	Время возникновения отказов	Прирабочный отказ Износный отказ	
8	Возможность устранения отказа	Устранимый Неустранимый	
9	Вид ответственности конструкции	Экономический Неэкономический	
10	Возможность прогнозирования отказа	Прогнозируемый Непрогнозируемый	

К последствиям отказа относятся события, явления и процессы, возникающие после отказа и в связи с отказом, например, изменение крена памятника башенного типа, расслоение штукатурки и ее выветривание, трещинообразование несущих стен и пр. Последствия отказа иногда бывают признаками. Отказы бывают двух типов: отказ составной части и отказ памятника в целом, при этом возможны случаи, когда отказ конструктива означает отказ памятника в целом и, когда отказ элемента не означает отказ памятника.

Критерии отказов несущих, ненесущих и ограждающих конструкций и устройств памятников истории и культуры определяются в порядке, приведенном на рисунке 3.18.

Для памятников неремонтируемых и невозстанавливаемых отдельные отказы могут означать наступление предельного состояния и это означает, что их признаки будут общими. Признаки предельного состояния памятника необходимо рассчитывать по видам действий, которые необходимо выполнить на памятнике – это ремонт, воссоздание, реставрация, реконструкция, модернизация, консервация, снос и утилизация.

Неэффективность и нерациональность дальнейшей эксплуатации памятника истории и культуры выявляются возникновением предельных состояний как правило, неустранимых, вызывающих временной или окончательное прекращение функционирования памятника или применения по назначению. Невозможность устранения предельного состояния без прерывания или прегрешения функционирования памятника и проведения определенных мероприятий классифицируется как неустранимость.

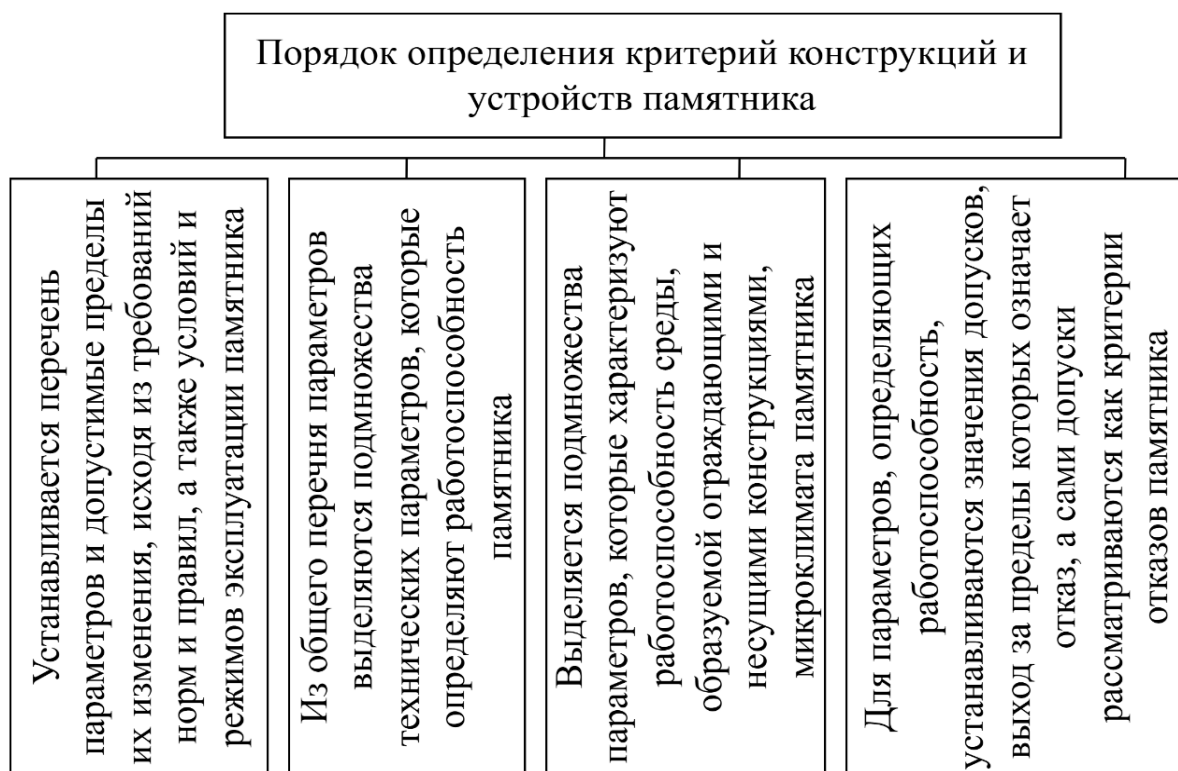


Рисунок 3.18 – Порядок определения критерий несущих, ненесущих и ограждающих конструкций и устройств памятника истории и культуры

Технико-экономическими расчетами и обоснованием по удельным затратам на эксплуатацию, ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию определяется целесообразность дальнейшей эксплуатации памятника.

Угроза безопасности (опасность) дальнейшей эксплуатации памятника устанавливается катастрофическими последствиями возможного предельного состояния, если эксплуатация памятника не будет завершена.

Для неремонтируемых памятников критериями предельного состояния являются неработоспособное состояние, достижение момента начала периода эксплуатации еще работоспособного памятника, состояние которого характеризуется нарушением требований безопасности, работ частоты отказов, обусловленным физическим износом и наступление периода физического и морального, условного в нашем случае, старения.

Для ремонтируемых памятников критериями предельного состояния являются достижение момента начала периода эксплуатации, который

характеризуется неустранимым нарушением требований техники безопасности или неустранимым спадом заданных параметров за нормируемые пределы, что означает окончательное прекращение эксплуатации памятника по назначению, т.е. списание, снос и утилизация его, наступление этапа временного прекращения применения памятника по назначению, то есть необходимости постановки памятника на ремонт, реставрацию, реконструкцию, модернизацию, переконсервацию и наступление периода условного для памятников истории и культуры морального старения.

3.3. Методика расчета показателей надежности

Совокупность количественных и качественных норм и требований, определяющих необходимый уровень надежности при минимизированных издержках трудовых и материальных ресурсов на ремонт, воссоздание, реставрацию, реконструкцию и модернизацию с целью восстановления работоспособности памятника в процессе эксплуатации представляет собой требования к надежности памятника [63-72]. Факторы и документы для обоснования требований к надежности памятника приведены на рисунке 3.19. Выбор и нормирование показателей надежности памятника истории и культуры производится на основе государственных стандартов. Требования к надежности памятника подразделяются на две группы: количественные и качественные. Количественные требования определяются в виде индивидуальных и групповых норм показателей надежности. Нормой показателя надежности служит предельное значение показателя надежности, установленное в нормативной и технической документации. Групповой нормой показателя надежности является показатель надежности совокупности памятников отдельного типа, т.е. группы однородных памятников. К примеру, боевые, сторожевые, полубоевые и жилые башни. Индивидуальная норма показателя надежности единичного памятника данного вида (типа).

Номенклатура показателей, характеризующих количественные требования к надежности памятника, для которых однозначно сформулированы критерии отказа, т.е. могут быть только одним из двух состояний – работоспособном и неработоспособном, представлены в таблице 3.4.



Рисунок 3.19 – Факторы и документы для обоснования требований к надежности памятника истории и культуры

Таблица 3.4 – Номенклатура показателей надежности памятника истории и культуры

NN п.п	Свойство надежности	Показатель	Наименование показателя	Условное обозначен ие
1	2	3	4	5
1.	Надежность	Комплексный	Коэффициент готовности Коэффициент технического использования Коэффициент сохранения эффективности Удельная суммарная продолжительность ремонтов	K_{Γ} $K_{т.и}$ $K_{эф}$ $S_{т.о}, S_p$

			Удельное суммарное время восстановления работоспособного состояния $T_{y,b}$ Удельная суммарная трудоемкость восстановления работоспособного состояния S_b Удельная суммарная стоимость восстановления работоспособного состояния S_c	
2.	Безотказность	Единичный	Вероятность безотказной работы $P(t)$ Интенсивность отказов $\lambda(t)$ Средняя наработка до отказа T_{cp} Гамма – процентная наработка до отказа $T\gamma\%$ Установленная безотказная наработка T_y Средняя наработка на отказ T_o Параметр потока отказов $\omega(t)$	
3.	Ремонтопригодность	Единичный	Средняя трудоемкость восстановления работоспособного состояния $S_{т.с}$ Среднее время восстановления работоспособного состояния T_b Вероятность восстановления работоспособного состояния $P_{b(t)}[P_b V_o]$	
4.	Долговечность	Единичный	Средний ресурс T_p Гамма – процентный ресурс $T_p \gamma\%$ Установленный ресурс $T_{p,y}$ Назначенный ресурс $T_{p,n}$ Средний срок службы $T_{сл}$ Гамма- процентный срок службы $T_{сл} \gamma\%$ Назначенный срок службы $T_{сл,n}$ Установленный срок службы $T_{сл,y}$	
5.	Сохраняемость	Единичный	Средний срок сохраняемости T_c Гамма-процентный срок сохраняемости $T_c \gamma\%$ Назначенный срок хранения $T_{c,n}$ Установленный срок сохраняемости $T_{c,y}$	

Анализируя таблицу 3.4, можно отметить следующее:

- номенклатура показателей надежности памятника истории и культуры содержит показатели сохраняемости и безотказности, при этом средняя наработка на отказ и гамма-процентная наработка на отказ определяют функции показателей надежности долговечности;

- номенклатура показателей надежности восстанавливаемых памятников, включает показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости;

- если отказы проявляются в результате разрушений, рекомендуется рассчитывать безотказность по видам разрушений;

- показатель наработки может быть заменен на календарную продолжительность эксплуатации;

- в наименовании показателей долговечности рекомендуется указывать ремонт, реконструкцию, реставрацию, модернизацию, списание, снос и утилизацию;

- комплексные показатели надежности, включая показатели ремонтпригодности, можно задать по оперативному времени ремонта;

- показатели трудоемкости и материалоемкости рационально использовать в виде показателей ремонтпригодности;

- к памятникам, в которых ремонт, реставрация и реконструкция приводит к существенным экономическим затратам или снижают уровень показатели ремонтпригодности с ограничениями на длительность восстановления работоспособности;

- на памятнике, для которых условиями эксплуатации предусмотрены консервации, рекомендуется применять показатели сохраняемости, при этом применяются такие показатели, как средний срок сохраняемости, назначенный срок хранения, установленный срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости;

- для памятников с низким ресурсом долговечности и надежности определяют назначенные показатели сохраняемости, при этом не задают

гамма-процентные и установленные показатели долговечности и сохраняемости;

- для ремонтируемых, реставрируемых и реконструируемых памятников номенклатура показателей надежности, как правило, бывает приравненной к номенклатуре показателей восстановленных памятников одного вида и типа.

Конструкционные, эксплуатационные и технологические способы реализации надежности определяют качественные требования, при этом выбор номенклатуры и численного значения показателей надежности предопределяются назначением, ответственностью и продолжительностью режима эксплуатации памятника, что обосновывается технико-экономическими расчетами. При подборе номенклатуры нормируемых показателей надежности применяются факторы такие, как конструктивное и планировочное решение памятника, характер и режим использования памятника по назначению, последствия сбоев и отказов и пр.

По конструктивному исполнению памятники подразделяются на неремонтируемые, т.е. невосстанавливаемые и ремонтируемые-восстанавливаемые.

В том числе факторов эксплуатации памятника по назначению принимаются к учету принципы ограничения длительности эксплуатации и временной режим эксплуатации памятника. А по принципам ограничения длительность эксплуатации неремонтируемые памятники делятся на эксплуатируемые до отказа, эксплуатируемые до отказа и предельного состояния и эксплуатируемые до отказа или до исполнения ими заданных функций, в заданном объеме и в заданное время.

По длительности эксплуатации ремонтируемые, реставрируемые и реконструируемые памятники подразделяются на эксплуатируемые (Рисунок 3.20).



Рисунок 3.20 – Классификационная схема эксплуатационных характеристик объектов культурного наследия

По режиму эксплуатации памятники подразделяются на непрерывно эксплуатируемые, эксплуатируемые циклически регулярно и эксплуатируемые на нерегулярных и случайных режимах, характеристики которых приведены в таблице 3.5. В качестве примечания к таблице 3.5 необходимо отметить, что под ожиданием имеется ввиду пребывание памятника в состоянии готовности к эксплуатации по функциональному

назначению, когда от памятника не требуется эксплуатация, если он не создает полезного эффекта, но при этом готов к немедленному функционированию. Понятие цикл в соответствии с тематикой исследования – совокупность процессов в комплексной системе повторяющихся явлений, при которых памятник истории и культуры, подвергающееся ремонту, воссозданию, реставрации, реконструкции и т.д., вновь возвращается в исходное техническое состояние.

Таблица 3.5 – Характеристики режимов эксплуатации памятника истории и культуры

NN п.п.	Режим	Характеристика режима
1	2	3
1	Ожидание	Памятник эксплуатируется до достижения им предельного состояния
2	Функционирования	Памятник эксплуатируется до отказа или до завершения выполнения требуемых функций
3	Непрерывный	Период функционирования памятника непрерывный
4	Циклически регулярный	Периоды функционирования памятника и его простоя меняются с определенной цикличностью
5	Циклически нерегулярный	Случайно повторяющиеся циклы
6	Оперативный	Период функционирования памятника сменяются неопределенным режимом простоя
7	Общий	Периоды функционирования и простоя чередуются случайно

По последствиям отказа неремонтируемые и ремонтируемые памятники подразделяются на подгруппы в зависимости от доминирующего фактора и функциональных последствий отказа. При анализе и оценке функциональных последствий отказа доминирующими факторами являются факторы, представленные на рисунке 3.21.



Рисунок 3.21 – Доминирующие факторы при оценке функциональных последствий отказа памятника истории и культуры башенного типа

Нормы показателей надежности памятника выбирают с учетом достигнутого уровня надежности, результатов НИОКР и технико-экономических возможностей строительного комплекса применительно к режимам и условиям эксплуатации памятника. Как правило они бывают не ниже установленных норм и рекомендуется их приводить в виде графиков, таблиц и аналитических зависимостей.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. Применение вероятностных методов расчета надежности для объектов культурного наследия требует особого методологического подхода. В отличие от стандартных строительных объектов, где эти методы получили широкое распространение, в сфере сохранения памятников истории и культуры

они пока не достигли необходимого уровня системности и комплексности. Существующие разработки в этой области носят фрагментарный характер, не учитывают в полной мере специфику исторических сооружений, требуют создания специализированного методического аппарата. Необходима дальнейшая научная проработка вероятностных моделей, адаптированных к особенностям культурного наследия, что позволит повысить эффективность управления их жизненным циклом.

2. Совершенствование и разработка вероятностных задач во взаимосвязи с качеством и эффективностью функционирования памятников истории и культуры башенного типа представляет собой актуальную проблему, решение которой важно для инженерной науки в строительно-технической и реконструктивно-реставрационной сфере.

3. Надежность – это свойство памятника истории и культуры сохранять в определенных и установленных рамках количественные и качественные значения параметров, которые характеризуют способность памятника выполнять проектные функции в заданных интервалах, циклах и режимах его ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации.

4. Объект культурного наследия переводится из неработоспособного или непределного состояния в работоспособное состояние путем выполнения мероприятий по жизненным циклам, таких как ремонт, реставрация, реконструкция, модернизация и пр. Перевод объекта культурного наследия из аварийного или предельного состояния в работоспособное состояние осуществляется выполнением ремонтно-восстановительных работ, восстанавливая утерянный ресурс памятника истории и культуры.

5. Предельные состояния несущих конструкций памятников могут привести к физическому, моральному и социально-экономическому ущербу. От назначения памятника зависят последствия отказов, то есть – чем больше вероятности последствий, тем должна быть выше ответственность памятника. Таким образом различают два вида ответственности памятника истории и культуры – экономическую и неэкономическую. Экономическая

ответственность определяется экономическими требованиями, а неэкономическая - обеспечением надежности и безопасности памятника для жизнедеятельности человека.

6. Ремонтной, реставрационной, реконструктивной и модернизационной пригодности объектов культурного наследия не уделяется достаточного внимания в практике проектирования. Более того, эти показатели не нормируются, недостаточно обеспечиваются технически и технологически и оцениваются должным образом экономически, что весьма отрицательно сказывается на повышение устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа.

7. При разработке программы повышения надежности памятника на основных этапах жизненного цикла необходимо предусмотреть систему сбора и анализа статистических данных об отказе и сбоях при функционировании как самого памятника, так и отдельных его конструктивов.

8. Для комплексного решения проблемы надежности памятников на основных этапах жизненного цикла необходимо строго учитывать условия проектирования, ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции, модернизации, а самое главное, эксплуатации памятника.

Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НА ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ

Невосстанавливаемый и невоссоздаваемый памятник истории и культуры – это объект, дальнейшая эксплуатация и использование которого после выхода из строя становятся практически неосуществимыми и неоправданными. К данной категории относятся не только памятники, не подлежащие ремонту или модернизации, но и те, чей отказ в процессе функционирования приводит к нарушению их устойчивости и равновесия.

Иными словами, речь идёт о памятниках, реставрация или реконструкция которых экономически невыгодна, технически невозможна или не позволяет полностью устранить последствия повреждений. Если разрушения несущих и ограждающих конструкций носят аварийный характер, их уже нельзя исправить путём восстановительных работ.

4.1. Моделирование невосстанавливаемых и невоссоздаваемых памятников истории и культуры

При проектировании оценка надежности изначально базируется на вероятностных расчетах, использующих эмпирические данные – статистические параметры надежности, полученные в результате испытаний или наблюдений за группой памятников в процессе эксплуатации. По мере расширения выборки статистические показатели асимптотически приближаются к теоретическим вероятностным характеристикам. Данное обстоятельство подтверждает целесообразность двойственного подхода – вероятностного и статистического – при определении основных показателей надежности [11, 16, 21, 49, 57, 63, 68, 122, 128], представленных на рисунке 4.1.

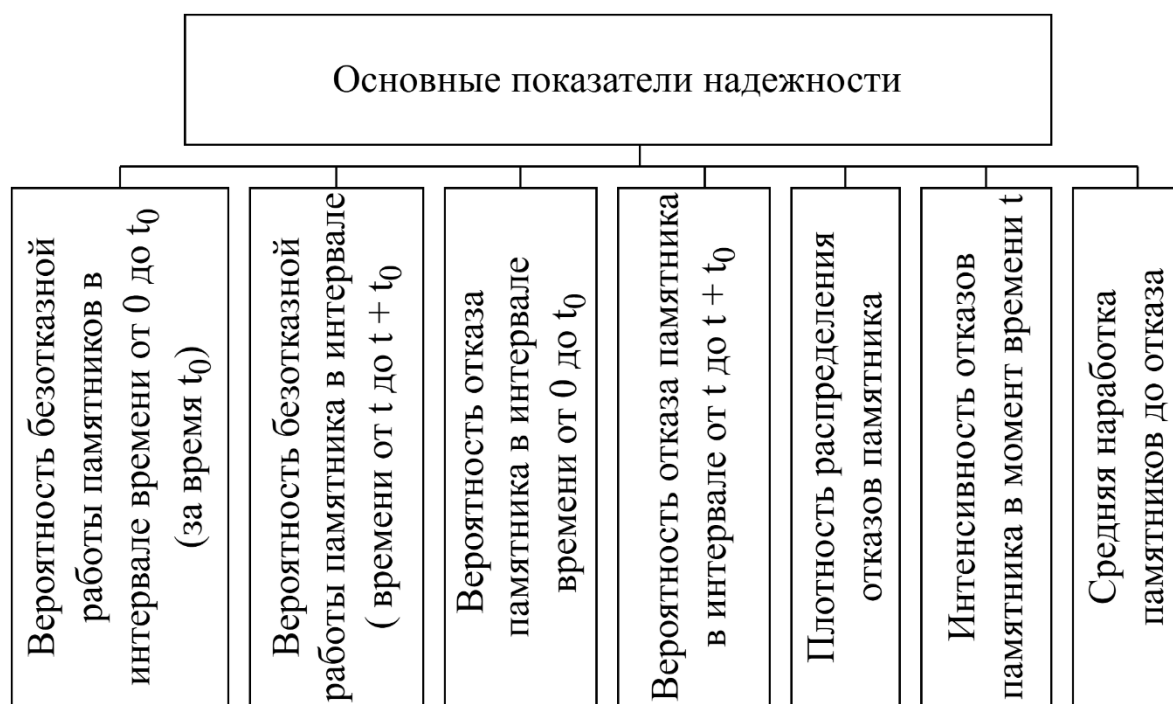


Рисунок 4.1 – Основные показатели надежности памятников истории и культуры

Рассмотрим основные показатели надежности в соответствии с представленными на рисунке 4.1 данными.

Вероятность безотказной работы объекта в временном интервале от 0 до t_0 :

Вероятностное определение:

$$P(t_0) = P(0, t_0) = P\{T \geq t_0\} = 1 - F(t_0), \quad (4.1)$$

где

T - случайная величина времени работы до отказа;

$F(t_0)$ - функция распределения времени безотказной работы;

$P(t_0)$ - вероятность непрерывной работы объекта в течение времени t_0 .

2) Статистическая характеристика

$$P(t_0) = N((t_0)/N(0)) = 1 - n(t_0) / N(0) \quad (4.2)$$

где

$N(0)$ - первоначальное количество функциональных объектов на момент начала наблюдений;

$N(t_0)$ количество сохранивших работоспособность объектов к моменту времени t_0 ;

$n(t_0)$ - количество утративших функциональность объектов за период t_0 ;

$\tilde{P}(t_0)$ - эмпирическая оценка вероятности безотказной работы.

Абсолютное количество наблюдаемых событий (отказов или работоспособных состояний) называют частотами, а их отношение к общему объему выборки - относительными частотами (частостями). Эти показатели позволяют оценить вероятность сохранения работоспособности объекта за заданный период эксплуатации (рисунок 4.2).

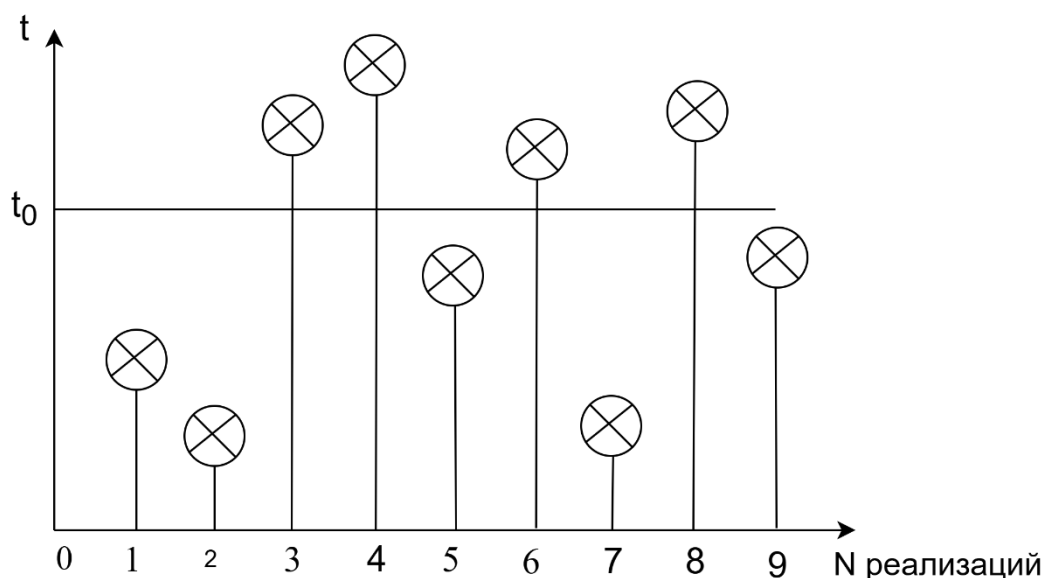


Рисунок 4.2 – Временная диаграмма статистического определения понятий

$$\tilde{P}(t_0) \tilde{Q}(t_0)$$

- реализации 1-9 составляют $N(0)$ памятников;
- реализации 1,2,5,7,9 составляют $n(t_0)$ памятников;
- реализации 3,4,6,8 составляют $N(t_0)$ памятников.

II. Вероятность безотказной работы памятника в интервале времени от t до $t+t_0$.

1) Вероятностная характеристика:

$$P(t, t+t_0) = P\{T \geq (t+t_0) / T > t\} = P(0, t+t_0) / P(0, t) = P(t+t_0) / P(t), \quad (4.3)$$

где

$P(t, t+t_0)$ - вероятность безотказной работы объекта на интервале времени t_0 , начиная с момента t . Иными словами, это вероятность того, что время работы T до первого отказа превысит значение $t+t_0$ при условии, что до момента t объект работал исправно.

2) Статистическая характеристика:

$$P(t, t+t_0) = N(t+t_0) / N(t), \quad (4.4)$$

где

$N(t)$ — количество работоспособных объектов на момент времени t ;

$P(t, t+t_0)$ — статистическая вероятность безотказной работы в интервале $[t, t+t_0]$, рассчитываемая как:

$$P(t, t+t_0) = \frac{\text{Число объектов, безотказно проработавших до } t+t_0}{\text{Число работоспособных объектов на момент } t}$$

Показатель $P(t, t+t_0)$ оценивает вероятность, что объект, исправный в момент t , сохранит работоспособность до $t+t_0$ (см. Рисунок 4.3).

Вероятность отказа на интервале $[0, t_0]$ дополняет оценку надежности.

1) Вероятностная характеристика:

$$Q(t_0) = Q(0, t_0) = P\{T < t_0\} = F(t_0), \quad (4.5)$$

где

$Q(t_0)$ – вероятность выхода объекта из строя в течение временного интервала $[0, t_0]$.

$$Q(t_0) = 1 - P(t_0). \quad (4.6)$$

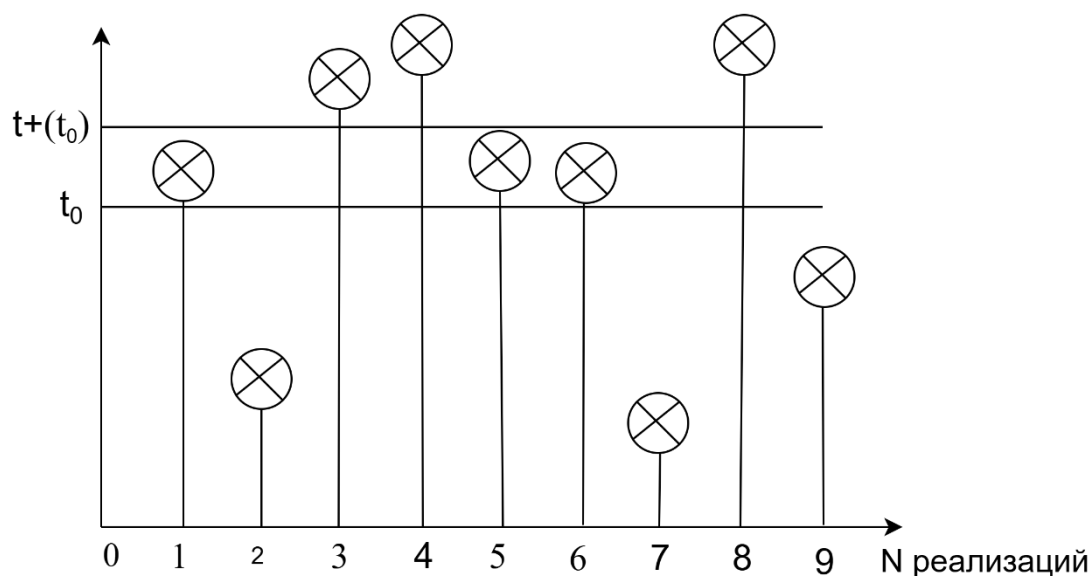


Рисунок 4.3 – Временная диаграмма статистического определения понятий

$\tilde{P}(t, t+t_0)$, $\tilde{Q}(t, t+t_0)$, $\tilde{f}(t)$ и $\tilde{\lambda}(t)$:

- реализации 1-9 составляют $N(0)$ памятников;
- реализации 2,7,9 составляют $n(t)$;
- реализации 1,2,5,6,7,9 составляют $n(t+t_0)$;
- реализации 3,4,8 составляют $N(t+t_0)$ памятников.

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{Q}(t_0) = n(t_0) / N(0), \quad (4.7)$$

где

$N(0)$ – количество работоспособных объектов в начальный момент времени ($t=0$);

$n(t_0)$ – число объектов, отказавших к моменту времени t_0 ;

$\tilde{Q}(t_0)$ – статистическая оценка вероятности отказа.

Показатель $\tilde{Q}(t_0)$ оценивает вероятность того, что объект выйдет из строя до момента t_0 (см. Рисунок 4.3).

Представляет собой эмпирическую (экспериментальную) оценку функции распределения времени до отказа.

Отсюда следует, что

$$\tilde{Q}(t) = 1 - \tilde{P}(t) \quad (4.8)$$

Вероятность отказа объекта в интервале $[t, t+t_0]$.

Вероятностная характеристика:

$$Q(t, t+t_0) = 1 - P(t, t+t_0) = 1 - P(t+t_0)/P(t) \quad (4.9)$$

где

$Q(t, t+t_0)$ - условная вероятность отказа в интервале $[t, t+t_0]$;

T - случайное время работы до отказа;

Условие $T > t$ означает, что объект работал исправно до момента t .

Статистическая характеристика:

$$\tilde{Q}(t, t+t_0) = \frac{n(t+t_0) - n(t)}{N(t)} = 1 - \frac{N(t+t_0)}{N(t)} = \frac{\Delta n(t, t_0)}{N(t)}, \rightarrow (4.10)$$

где

$N(t)$ - количество работоспособных объектов в момент t ;

$n(t)$ - количество отказавших объектов к моменту t ;

$\Delta n(t, t_0)$ - количество отказов в интервале $[t, t+t_0]$;

$\tilde{Q}(t, t+t_0)$ - эмпирическая оценка вероятности отказа;

Плотность распределения отказов и сбоев памятника.

1) Вероятностная характеристика:

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \frac{d}{dt} Q(t) = \frac{d}{dt} P(t), \rightarrow \rightarrow \rightarrow (4.11)$$

где

$f(t)$ – плотность вероятности, что время функционирования памятника меньше t .

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{f}(t) = \frac{n(t+\Delta t) - n(t)}{N(0)\Delta t} = \frac{N(t+\Delta t) - N(t)}{N(0)\Delta t} = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{N(0)\Delta t}, \rightarrow (4.12)$$

где

$n(t)$ – число отказавшихся памятников ко времени t ;

$N(0)$ – число работоспособных памятников ко времени $t=0$;

$\Delta n(t, \Delta t)$ – число памятников, отказавшихся в интервале $[t, t + \Delta t]$;

$\tilde{f}(t)$ – частота отказов в интервале $[t, t + \Delta t]$, или отношение числа отказов в интервале $[t, t + \Delta t]$ к произведению числа исправных памятников в начальный момент $t=0$ на длительность интервала времени Δt (см. рисунок 4.4 с заменой t_0 на Δt).

III. Интенсивность отказов памятника в момент времени t .

1) Вероятностная характеристика:

$$\lambda(t) = \frac{1}{1 - F(t)} = \frac{d}{dt} F(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (4.13)$$

где

$\lambda(t)$ – плотность вероятности возникновения отказа или сбоя памятника к моменту времени t при отсутствии наступления отказа в прошлом.

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{\lambda}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N(t)\Delta t} = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{N(t)\Delta t} = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{N(t)\Delta t}, \quad (4.14)$$

где

$\tilde{\lambda}(t)$ – отношение числа отказов и сбоев в интервале времени $(t, t + \Delta t)$ к произведению числа исправных памятников $N(t)$ в момент времени t на Δt (см. рисунок 4.3 с заменой t на Δt).

IV. Средняя наработка памятника до отказа или сбоя.

1) Вероятностная характеристика:

$$T_{cp} = M\{T_i\} = \int_0^{\infty} x f(x) dx = \int_0^{\infty} x dQ(x) = \int_0^{\infty} P(x) dx, \quad (4.15)$$

где

T_{cp} – математическое ожидание времени функционирования памятника до отказа;

T_i – реализация наработки для i -го памятника.

Из формулы (4.15) и рисунка 4.6 видно, что T_{cp} (среднее время) выражается геометрической площадью, ограниченной осями координат и кривой $P(x)$.

2) Статистическая характеристика:

$$\widetilde{T}_{cp} = \frac{1}{N(0)} (x + a)^n = \sum_{i=1}^{N(0)} T_i, \quad (4.16)$$

где

$N(0)$ – начальное число памятников в момент времени $t=0$;

T_i – реализация времени работы до отказа i -го памятника;

T_{cp} – среднее арифметическое значение реализаций времени работы памятника до отказа (Рисунок 4.4).

Согласно закону больших чисел $\widetilde{T}_{cp} \rightarrow T_{cp}$ при $N \rightarrow \infty$, поэтому при большом N имеет место равенство $\widetilde{T}_{cp} = T_{cp}$. Зная одну из функций $P(t)$, $Q(t)$, $f(t)$ и $\lambda(t)$, можно найти остальные три функции (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Функциональная связь между показателями надежности

NN п.п.	Известная функция	Формулы для определения трех искомых функций			
		$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$ $= \frac{d}{dt} - F(t)$	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$
1	$P(t)$	-	$1 - P(t)$	$-\frac{d}{dt} P(t)$	$\frac{1}{P(t)} - \frac{d}{dt} P(t)$
2	$Q(t)$	$1 - Q(t)$	-	$\frac{d}{dt} Q(t)$	$\frac{1}{1 - Q(t)} \times \frac{d}{dt} Q(t)$
3	$f(t)$	$\int_t^{\infty} f(x) dx$	$\int_0^t f(x) dx$	-	$\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(x) dx}$

4	$\lambda(t)$	$-\int_{e0}^t \lambda(x)dx$	$\int_{1-e0}^t \lambda(x)dx$	$-\int_{\lambda(t)e0}^t \lambda(x)dx$	-
---	--------------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------------------	---

4.2. Моделирование ремонтируемых, восстанавливаемых, реставрируемых и реконструируемых памятников истории и культуры

Под восстановлением ремонтируемым, реставрируемым и реконструируемым памятником понимают такой, работоспособность которого подлежит восстановлению в случае возникновения отказа или сбоя. Функционирование подобного памятника и его исходные данные могут быть возобновлены в результате выполнения ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструктивных работ, поэтому под понятием «восстановление», в ракурсе оценки надежности, мы имеем в виду все работы, приводящие к возобновлению работоспособности памятника – это ремонт, восстановление, реставрация, реконструкция, модернизация и консервация.

Восстанавливаемые памятники – это такие объекты, которые могут продолжать свое функционирование после ликвидации сбоя или отказа [11, 16, 21, 49, 63, 68].

Процесс эксплуатации восстанавливаемого памятника можно представить как чередование:

- периодов работоспособности ($T_1, T_2, \dots, T_n$);
- периодов восстановления ($U_1, U_2, \dots, U_n$).

Ключевые особенности процесса. Стохастическая природа:

- процесс является случайным и описывается различными функциями распределения $F_i(t)$ для каждого периода T_i ;

- начальное состояние объекта в момент $t=0$ влияет на распределение первых периодов (рис. 4.7).

Установившийся режим. Практический интерес представляют случаи, когда:

- длительности работоспособности ($T_1, T_2, \dots$) подчиняются единому закону распределения;
- длительности восстановления ($U_1, U_2, \dots$) имеют общую статистическую закономерность.

Такая стабилизация наступает после начального переходного периода (рис. 4.6).

Математическое представление:

Последовательность состояний: $T_1 \rightarrow U_1 \rightarrow T_2 \rightarrow U_2 \rightarrow \dots \rightarrow T_n \rightarrow U_n$

Для каждого периода:

$T_i \sim F_i(t)$ (распределение времени работы);

$U_i \sim G_i(t)$ (распределение времени восстановления).

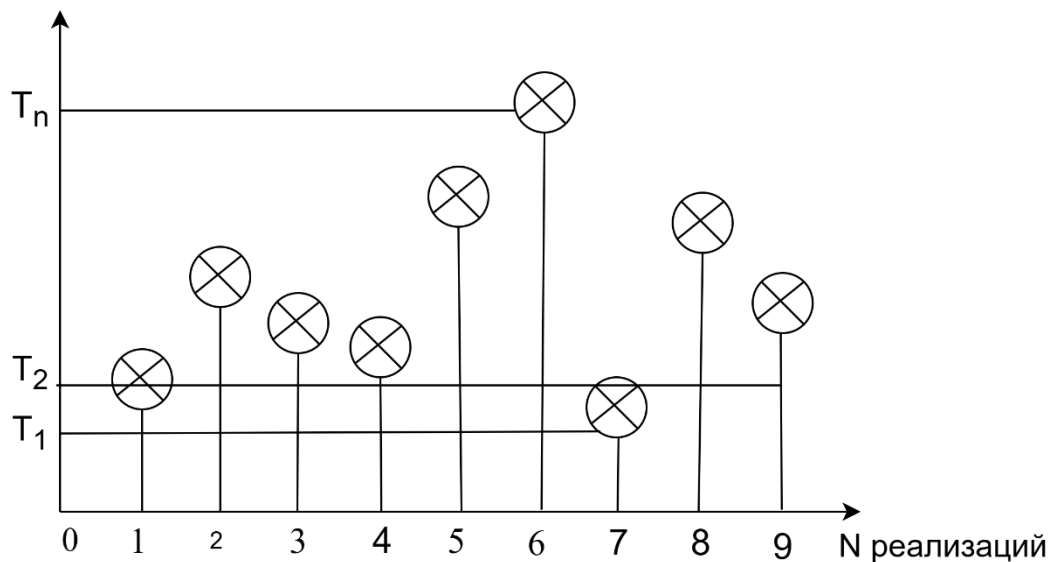


Рисунок 4.4 – Временная диаграмма статистического определения понятия T_{cp}

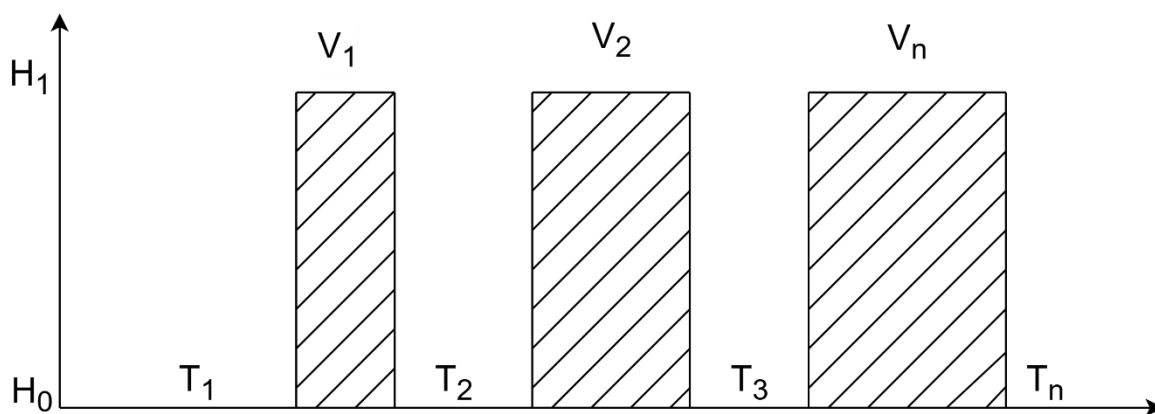


Рисунок 4.5 – случайный процесс, соответствующий последовательности чередующихся интервалов от ремонта до консервации памятника истории и культуры

T_i - отрезки времени функционирования;

V_i – отрезки от ремонта до консервации;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ – число сбоев или отказов.

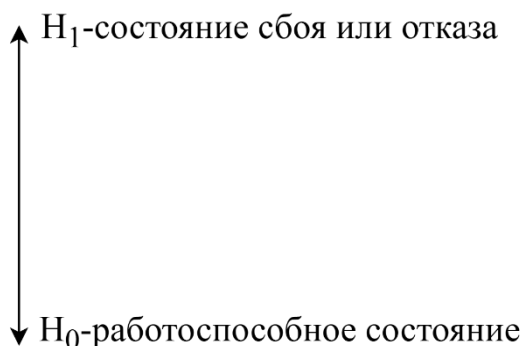


Рисунок 4.6 – Граф перехода памятника из одного (ремонта) в другое (модернизация) состояние

Для характеристики восстанавливаемых, ремонтируемых, реставрируемых, реконструируемых и модернизируемых памятников справедливы показатели надежности для невоссоздаваемых памятников, представленных на рисунке 4.1. К числу основных показателей надежности «восстанавливаемых» памятников относятся показатели, представленные на рисунке 4.7.

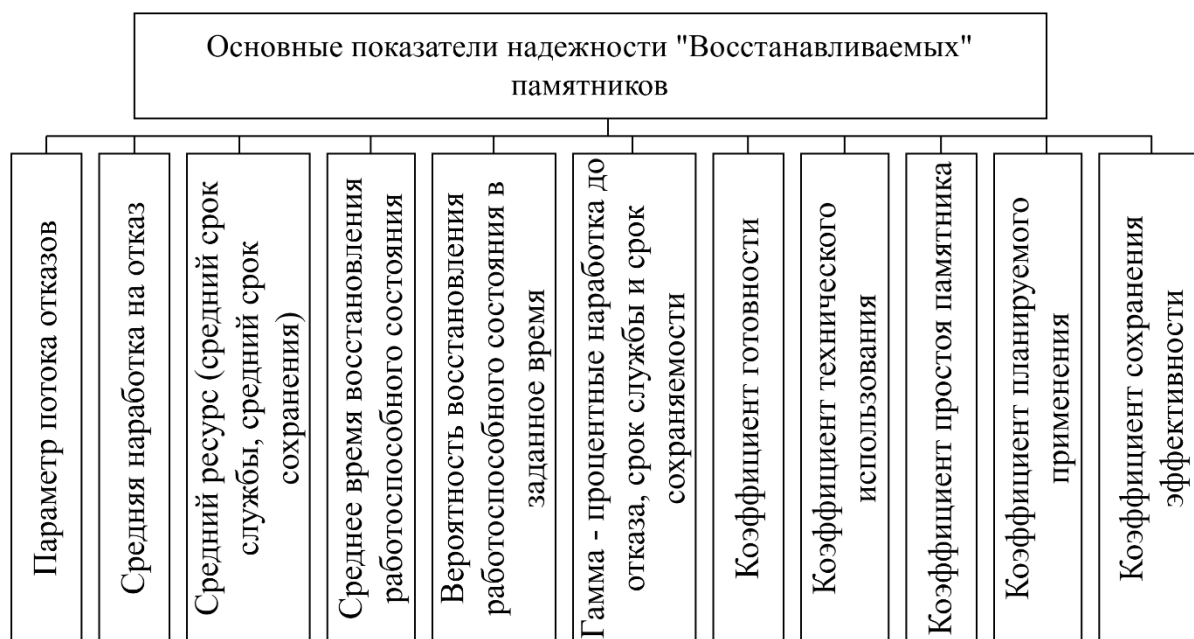


Рисунок 4.7 – Основные показатели надежности восстанавливаемых, ремонтируемых, реставрируемых, реконструируемых и модернизируемых памятников истории и культуры башенного типа

I. Параметр потока отказов.

1) Вероятностная характеристика.

Для «восстанавливаемых» памятников моменты отказов образуют поток отказов. Для характеристики потока отказов пользуются «ведущей функцией» или «функцией «восстановление»» $W(t)$ данного потока, т.е. математическим описанием M числа отказов за время t :

$$W(t) = M[r(t)], \quad (4.17)$$

где

$r(t)$ – случайная величина отказов за время t ;

$W(t)$ – параметр потока отказов, который характеризует среднее число отказов в небольшом интервале времени, равен

$$W(t) = W'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[r(t + \Delta t)] - M[r(t)]}{\Delta t}, \quad (4.18)$$

$W(t)$ связан с ведущей функцией следующим соотношением:

$$W(t) = \int_0^t W(x) dx . \quad (4.19)$$

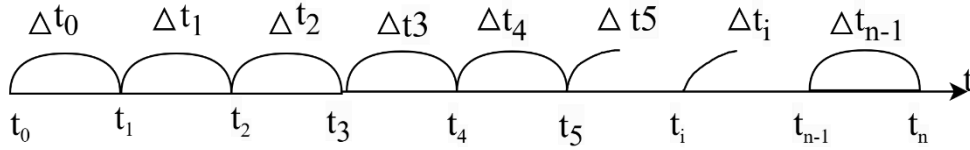


Рисунок 4.8 – График отсчета наработки однотипных памятников за время t
Наработки между отказами при экспоненциальном распределении:

$$W(t) = \lambda = \text{const} \quad (4.20)$$

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{W}(t) = \frac{\sum_{j=1}^N R_j(t_i + \Delta t_i) - \sum_{j=1}^N R_j(t_i)]}{N \Delta t}, \quad (4.21)$$

где

$\tilde{W}(t)$ – параметр потока отказов;

$R_j(t_i)$ и $R_j(t_i + \Delta t_i)$ – суммарное число отказов j-го памятника ($j=1, 2, 3, \dots, N$) в течение наработки t_i и $t_i + \Delta t_i$;

N – общее число однотипных памятников;

Δt - ширина интервала, на которые разбивается наработка t_i .

Отсчет наработки ведется по правилу, показанному на рисунке 4.8: $t_0=0$;
 $t_1 = \Delta t_0$; $t_2 = \Delta t_0 + t_1$; $t_i = \Delta t_0 + \Delta t_1 + \dots + \Delta t_{i-1}$.

Для N однотипных памятников среднее число отказов будет равно:

$$\tilde{W}(t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_j(t_i), \quad (4.22)$$

где,

$R_j(t_i)$ – суммарное число отказов j-го объекта за время t_i ;

II. Средняя наработка на отказ.

1) Вероятностная характеристика:

$$T_o = \frac{t}{W(t)}, \quad (4.23)$$

где

T_o – средняя наработка на отказ «восстанавливаемого» памятника;

t – наработка «восстанавливаемого памятника»;

$W(t) = M_r(t)$ – математическое ожидание числа отказов «восстанавливаемого» памятника в течение наработки t ;

$r(t)$ – число отказов за время t .

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{T}_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{K=1}^{R_j(t)} T_{jk}}{\sum_{j=1}^N R_j(t)} \quad (4.24)$$

где

$R_j(t)$ – число отказов j -го памятника за время t ;

T_{jk} – время наработки j -го памятника между двумя отказами (k -I) – m и k - m ;

N – общее число наблюдаемых памятников.

Для периода функционирования памятника в интервале $\{t_1, t_2\}$ наработка на отказ статистически рассчитывается по формуле:

$$\tilde{T}_o = \frac{t_2 - t_1}{\tilde{W}(t_2) - \tilde{W}(t_1)}, \quad (4.25)$$

где

$\tilde{W}(t)$ – среднее число отказов за время t .

Из (4.25) видно, что с увеличением t будет расти $\tilde{W}(t)$, а $\tilde{T}_0$ будет уменьшаться.

III. Средний ресурс – средний срок службы и сохранности.

1) Вероятностная характеристика:

$$T_{cp} = M\{T_i\} = \int_0^\infty t f(t) dt = \int_0^\infty t F(t) = \int_0^\infty [1 - F(t)] dt, \quad (4.26)$$

где

T_{cp} – средний ресурс (средний срок службы, средний срок сохраняемости) до предельного состояния памятника;

$F(t)$ – функция распределения ресурса (срока службы, срока сохраняемости) до предельного состояния памятника;

$f(t)$ – плотность распределения ресурса (срока службы, срока сохраняемости);

T_i -реализация ресурса для i -го памятника.

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{T}_{cp} = \frac{1}{N(O)} \sum_{j=1}^{N(O)} T_i, \quad (4.27)$$

где

$N(O)$ – общее число «восстанавливаемых» памятников;

T_i – реализация ресурса, срока службы и срока сохраняемости i -го памятника;

$\tilde{T}_{cp}$ – среднее арифметическое значение реализаций ресурса, срока службы и срока сохраняемости памятника.

IV. Среднее время восстановления работоспособного состояния.

1) Вероятностная характеристика:

$$T_v = M\{V\} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t dF_v(t) = \int_0^{\infty} [1 - F_v(t)] dt, \quad (4.28)$$

где

T_v – математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния памятника;

$f_v(t)$ – плотность распределения времени восстановления;

$F_v(t)$ – функция распределения времени восстановления.

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{T}_v = \frac{1}{N(O)} \sum_{j=1}^{N(O)} V_i, \quad (4.29)$$

где

$N(O)$ – общее число исследуемых памятников;

V_i – реализация времени «восстановления» i -го памятника;

$\tilde{T}_b$ – среднее арифметическое значение реализации времени «восстановления» памятников (см. рисунок 4.5).

V. Вероятность восстановления работоспособного состояния памятника в заданное время.

1) Вероятностная характеристика:

$$P_b(V_0) = P_b(O, V_0) = P_b(V \leq V_0) = 1 - F_b(V_0), \quad (4.30)$$

где

V – случайное время «восстановления» памятника;

$F(v)$ – функция распределения случайной величины V ;

$P_b(V_0)$ – вероятность, что памятник будет «восстановлен» за время V_0 .

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{P}_b(O, V_0) = \frac{\Delta n(V_0)}{N(O)}, \quad (4.31)$$

где

$N(O)$ – число памятников, подлежащих «восстановлению» в момент времени $V=0$;

$\Delta n(V_0)$ – число памятников «восстановленных» за время V_0 .

VI. Гамма-процентные наработки до отказа, ресурс, срок службы и срок сохраняемости памятника.

1) Вероятностная характеристика:

$$1 - F(T\gamma\%) = 1 - \int_0^{T\gamma\%} f(t) d(t) = \frac{\gamma}{100} = P(T\gamma\%), \quad (4.32)$$

где

$T\gamma$. гамма – процентная наработки до отказа.

2) Статистическая характеристика:

$$\gamma = \frac{\gamma\%}{100} = P[T(\gamma)], \quad (4.33)$$

где

$P[T(\gamma)]$ – интегральная функция безотказности;

γ – заданный гамма-процент ПИКД;

$\gamma\%$ - вероятность безотказной работы памятника.

$$\tilde{T}_{\gamma\%} = \tilde{T}_{\text{ср}} - u_{\gamma} S \quad (4.34)$$

где u_{γ} - квантиль – табличное значение;

S – нормальный закон, определяемый по эмпирическим данным.

VII. Коэффициент готовности.

Коэффициент готовности относится к комплексным показателям надежности.

1) Вероятностная характеристика:

$$K_r = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t), \quad (4.35)$$

где

K_r – вероятность, что памятник находится в работоспособном состоянии;

$K(t)$ – вероятность, что в момент времени t памятник находится в работоспособном состоянии.

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{K}_r = \frac{N(t_{\infty})}{N(O)} = 1 - n(t_{\infty})/N(O) \quad (4.36)$$

где

$N(O)$ – общее число памятников;

$N(t_{\infty})$ - число работоспособных памятников;

$n(t_{\infty})$ - число памятников, находящихся в состоянии отказа;

В состоянии немедленного «восстановления» отказавшего памятника коэффициент готовности K_r рассчитывается по формуле:

$$K_r = T_o / (T_o + T_v), \quad (4.37)$$

где

T_o – наработка на отказ;

T_v – среднее время «восстановления».

VIII. Коэффициент технического использования.

$$\tilde{K}_{\text{т.и.}} = (\sum_{i=1}^N T_{\Sigma i}) / (NT_{\text{экс}}), \quad (4.38)$$

где

$\tilde{K}_{т.и.}$ - коэффициент технического использования в статистическом определении;

$T_{\Sigma i}$ – суммарное время пребывания i -го памятника в работоспособном состоянии ($i=1,2,3,\dots,N$);

N – число наблюдаемых памятников;

$T_{экс}$ – продолжительность эксплуатации памятника, включая реставрацию, реконструкцию и модернизацию.

При разном значении $T_{экс}$ для разных памятников:

$$\tilde{K}_{т.и.} = t_{сум} / (t_{сум} + t_{рем} + t_{обсл}), \quad (4.39)$$

где

$t_{сум}$ – суммарная наработка всех памятников;

$t_{рем}$ – суммарное время перерывов на ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию;

$t_{обсл}$ – суммарное время технического обслуживания всех памятников.

IX. Коэффициент простоя памятника.

1) Вероятностная характеристика:

$$K = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t), \quad (4.40)$$

где

K – вероятность нахождения памятника в состоянии отказа.

Из (4.40) вытекает, что:

$$K = 1 - K_r. \quad (4.41)$$

2) Статистическая характеристика:

$$\tilde{K} = n(t^\infty) / N(O), \quad (4.42)$$

где

$N(O)$ – общее число памятников;

$n(t^\infty)$ – число памятников, находящихся в произвольный момент времени t^∞ в состоянии отказа.

Коэффициент планируемого применения.

Описывается формулой:

$$K_{п.п.} = \frac{T_{экс} - M[t'_{рем} + t'_{обсл}]}{T_{экс}}, \quad (4.43)$$

где

$T_{экс}$ - продолжительность эксплуатации, включая ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию;

M – математическое ожидание;

$t'_{обсл}$ - продолжительность технических обслуживаний;

$t'_{рем}$ - продолжительность ремонта, реставрации, реконструкции и модернизации памятника.

Х. Коэффициент сохранения эффективности.

$K_{с.э.}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{с.э.} = \frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_н}, \quad (4.44)$$

где

$\mathcal{E}_p$ – реальное значение показателя эффективности;

$\mathcal{E}_н$ - номинальное значение показателя эффективности.

4.3. Специальные показатели расчета надежности

При оценке надежности башенных памятников истории и культуры часто используют специализированные показатели, основные из которых систематизированы на рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Специальные показатели расчета надежности памятников истории и культуры башенного типа

Показатель вероятности заданной суммарной наработки за фиксированное календарное время t важен для памятников, которые допускают перерывы в функционировании и могут функционировать, начиная с любого момента или в определенные промежутки времени. Эти памятники имеют избыточность во времени функционирования: для них важно, чтобы за требуемое время суммарная наработка была бы более заданной величины. К числу подобных систем относятся инженерные системы и коммуникации. В данном случае нас интересует вероятность присутствия не менее заданной суммарной наработки системы отопления памятников за фиксированное календарное время или вероятность наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы естественной вентиляции за фиксированное время.

Практический интерес для памятников представляет установление вероятности отсутствия простоев больше допустимой величины, также практический интерес представляет вероятность возникновения пожара и аварий в памятнике за фиксированное время и определенный интервал времени.

Показатель вероятности наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы, за фиксированное календарное время t характерен для систем, которым свойственна инерционность при функционировании. Данные системы нечувствительны к кратковременным перерывам в работе. Показатель же вероятности наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы за фиксированную суммарную наработку t_0 на самом деле является разновидностью второго показателя, когда вместо фиксированной наработки применяют календарное время. В памятниках истории и культуры к таким системам относят несущие конструкции с ограждающими функциями со средней и большой тепловой инерционностью: $4 < D \leq 7$; $D > 7$. В нашем случае имеется ввиду D для средней температуры наиболее холодных трех суток и наиболее холодной пятидневки и другие показатели ограждающих

конструкций и микроклимата памятника при кратковременных экстремальных характеристиках температуры наружного воздуха.

Далее приведены математические выкладки вероятностного и статистического определений специальных показателей надежности [11, 16, 21, 49, 57, 63, 68, 122, 128].

I. Вероятность, заданной суммарной наработки (а) за фиксированное время (t).

1) Вероятностная характеристика:

$$A(a,t) = P\{S(t) \geq a\}, \quad (4.45)$$

где

a - требуемый минимальный уровень суммарной наработки объекта;

S(t) — суммарная наработка объекта за заданный временной период t.

A(a, t) — вероятность того, что фактическая наработка S(t) окажется выше заданного уровня a за время t.

Статистическая характеристика:

$$\tilde{A}(a, t) = \frac{1}{N(O)} \sum_{i=1}^{N(O)} [S_i(t)] a, \quad (4.46)$$

где

N(O) – общее количество исследуемых объектов (памятников);

S_i (t) – совокупная наработка i-го объекта за интервал времени t;

$\tilde{A}(a, t)$ – статистическая оценка вероятности превышения наработки.

В формуле (4.46) $[S_i(t)] a$ имеет вид:

$$[S_i(t)] a = \begin{cases} 1, & \text{если } S_i \geq a, \\ 0, & \text{если } S_i(t) < a. \end{cases} \quad (4.47)$$

Вероятность наличия интервала безотказной работы, превышающего заданное значение (в), за фиксированное время (t).

Вероятностная характеристика:

$$V^*(v, t) = P \{ \text{на } [0, t] \text{ имеется } Q_i \geq v \}, \quad (4.48)$$

где

Q_i – любой интервал безотказной работы в промежутке $(0, t)$, включая незавершенный последний интервал Q_i , если $(0, t)$ прерывается во время безотказной работы;

$V(v, t)$ – вероятность того, что за суммарную наработку t возникнет хотя бы один интервал безотказной работы Q_i (включая незавершенный Q_i), превышающий заданное значение v .

Статистическая характеристика:

$$\tilde{V}(v, t) = \frac{1}{N(O)} \sum_{i=1}^{N(O)} [\{Q, \cdot\}_i], \quad (4.49)$$

где

$N(O)$ – общее число памятников;

$[\{Q, \cdot\}_i]$ – последовательность интервалов безотказной работы и простоев i -го памятника за время t ;

$\tilde{V}(v, t)$ – доля памятников, у которых за время t наблюдается хотя бы один интервал безотказной работы Q_i (включая незавершенный Q_i), превышающий заданное значение v .

В формуле (4.49) запись $[\{Q, \cdot\}_i]_v$ означает следующее:

$$[\{Q, \cdot\}_i]_v = \begin{cases} 1 - \text{если за суммарную наработку } t \text{ в } [Q, \cdot] \text{ существует хотя бы один} \\ \text{интервал } Q \text{ (включая часть незавершенного) } > v, \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases} \quad (4.50)$$

В продолжение настоящей работы планируется расширение номенклатуры показателей надежности памятника, который в процессе эксплуатации может находиться только в двух состояниях – работоспособном и неработоспособном. В будущем станет актуальной задача установления и обеспечения порядка выбора показателей надежности каждого элемента

памятника наиболее ответственного за несущую способность памятника, эксплуатируемого в сейсмических районах на просадочных грунтах.

Предполагается, что закон распределения времени работы элемента до отказа известен $F(t) = P(T \leq t)$ (4.51)

Показатели надежности элемента выражается через известный закон распределения времени работы до отказа (Таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Произвольные законы распределения времени работы невосстанавливаемого элемента до отказа

NN п.п.	Показатель	Точное значение
1	2	3
		<u>Непрерывная функция</u>
1	$P(t_0)$	$1 - F(t_0)$
2	$Q(t_0)$	$F(t_0)$
3	$P(t, t + t_0)$	$\frac{1 - F(t + t_0)}{1 - F(t)}$
4	$Q(t, t + t_0)$	$\frac{F(t + t_0) - F(t)}{1 - F(t)}$
5	T_{cp}	$\int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt$
6	$\lambda(t)$	$\frac{f(t) - f'(t)}{P(t) - 1 - F(t)}$
		<u>Дискретная функция</u>
7	$P(t_0)$	$1 - \sum_{i=1}^{k(t_0)} f(\Delta_i) = \sum_{i=k(t_0)+1}^N f(\Delta_i)$
8	$Q(t_0)$	$\sum_{i=1}^{k(t_0)} f(\Delta_i)$
9	$P(t, t + t_0)$	$\frac{i = \sum_{k(t+t_0)+1}^N f(\Delta_i)}{\sum_{i=k(t)+1}^N f(\Delta_i)}$

10	$Q(t, t + t_0)$	$\frac{i = \sum_{i=k(t)+1}^{k(t+t_0)} f(\Delta_i)}{\sum_{i=k(t)+1}^N}$
11	T_{cp}	$\sum_{i=1}^N f(\Delta_i)ti$
12	$\lambda(t)$	$\frac{F(t_{i+1}) - F(t_i)}{(t_{i+1} - t_i)F(t_i)}$ при $t_i \leq t \leq t_{i+1}$

В части моделирования ремонтируемых, восстанавливаемых, реставрируемых и реконструируемых объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) приведем реальный пример расчета основных показателей надежности невосстанавливаемого конструктива боевой башни историко-архитектурного комплекса «Бишт» (Приложение 6) в период нормальной эксплуатации его по экспоненциальному закону распределения

$$\lambda = 11 \times 10^{-2} \text{ 1/год}$$

Вероятность безотказной работы конструктива боевой башни комплекса «Бишт» Республики Ингушетия за промежуток времени безотказной работы $t_0 = 2,0$ года:

$$P(t_0) = e^{-11 \times 10^{-2}} = e^{-0,23} = 0,779.$$

$$\text{При } \lambda_{t_0} = 11 \times 10^{-2} \times 2 = 0,23, \lambda_{t_0} = 0,23 > 0,1$$

$$\tilde{P}(t_0) = 1 - 11 \times 10^{-2} \times 2 = 0,75$$

Вероятность отказа при $t_0 = 2,0$ года:

$$Q(t_0) = 1 - P(2) = 1 - 0,779 = 0,221.$$

Вероятность безотказной работы конструктива боевой башни в интервале времени $t = 0,5 \div t + t_0 = 0,5 + 2,0 = 2,5$ года, когда конструктив функционировал безотказно 2,5 года:

$$P(t \div t + t_0) = e^{-\lambda t_0} = e^{-11 \times 10^{-2} \times 2} = 0,779.$$

Относительно приближенная величина:

$$\tilde{P}(t \div t + t_0) = 1 - \lambda_{t_0} = 1 - 11 \times 10^{-2} \times 2 = 0,78$$

Вероятность безотказной работы конструктива боевой башни в интервале времени $t = 0,5 \div t + t_0 = 2,5$ года, когда конструктив функционировал безотказно 0,5 лет:

$$Q(t \div t + t_0) = 1 - P(0,5 \div 2,5) = 1 - 0,779 = 0,221.$$

Относительно приближенная величина:

$$\tilde{Q}(t \div t + t_0) = \lambda_{(t_0)} = 11 \times 10^{-2} \times 2 = 0,22$$

Отсюда среднее время работы до отказа конструктива:

$$T_{cp} = 1 : \lambda = 1 : 11 \times 10^{-2} = 9,1 \text{ лет.}$$

Интенсивность отказов конструктива:

$$\lambda_{(t)} = \lambda = 11 \times 10^{-2} \text{ 1/лет.}$$

4.4. Повышение надежности и устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры

4.4.1. Универсальные сотовые строительные леса

Предложенное решение предназначено для строительной отрасли и применимо ко всем ключевым стадиям жизненного цикла объектов культурного наследия. Оно охватывает эксплуатацию, ремонтные работы, воссоздание, реставрацию, реконструкцию, модернизацию, а также демонтаж и утилизацию историко-культурных памятников, расположенных на труднодоступных территориях со сложными, ограниченными условиями ведения работ.

Таблица 4.3 – Сравнительный анализ аналогов строительных лесов

Параметр сравнения	Аналог 1 (АС №817174, 30.03.1981)	Аналог 2 (Патент №17554, 10.04.2001)
Конструктивные особенности	- стойки с ребрами и отверстиями; - распорки и раскосы с соединительными элементами; - многокомпонентный фиксирующий узел (консольный палец, ось, поворотный язычок, прижим).	- трубчатые сборные рамы; - квадратные стойки с внутренними направляющими; - шарнирные кронштейны; - трубчатые связи со сплюснутыми концами; - диагональные связи с центральным шарниром.
Преимущества	- повышенная несущая способность; - улучшенная безопасность и надежность; - универсальность применения.	- многоярусная конструкция; - модульность сборки; - наличие лестниц и домкратов в комплектации.
Недостатки	- сложность производства из-за многодетальности узла фиксации.	- ограниченная пространственная устойчивость; - жесткая конфигурация, непригодная для стесненных условий.
Область применения	Монтажно-строительные операции общего назначения	Стандартные строительные работы на открытых площадках

Наиболее близким техническим решением являются универсальные строительные леса (патент № 2811796 от 18.01.2024 г.), содержащие сборные

несущие рамы (вертикальные и горизонтальные) из труб квадратного сечения, соединенные стыковочными ползунками. Свободные концы ползунков по наружным сторонам соединены регулируемыми диагональными связями. Трубы квадратного сечения имеют крепежные отверстия по четырем граням для болтового крепления стыковочных ползунков. Ползунки изготовлены из скрещенных и сваренных в четырех направлениях квадратных труб, одна из которых имеет сквозной канал, обеспечивающий перемещение ползунков по стержням, изменение размеров и формирование дополнительных ячеек, ярусов и этажей.

Недостатки: диагональные гибкие регулируемые связи несущих рам, установленные по боковым, внешним и внутренним контурам секции, не обеспечивают требуемой пространственной жесткости и устойчивости. Использование труб квадратного сечения усложняет производственный процесс. Конструкция стыковочных ползунков из профильных квадратных труб неудобна для оперативной сборки/разборки в условиях ограниченного пространства.

Все вышеописанные конструкции лесов потенциально применимы на различных стадиях жизненного цикла памятников истории и культуры.

Технический результат предлагаемого решения: Повышение надежности, безопасности и технологичности конструкции лесов, увеличение ее жесткости и устойчивости, расширение универсальности, а также снижение трудозатрат при производстве и монтаже на стесненных площадках сложной доступности.

Леса включают сборные несущие рамы (вертикальные и горизонтальные), выполненные из труб круглого сечения и соединенные стыковочными элементами.

Отличительная особенность: на средней части вертикальных трубных стержней закреплены шесть крепежных деталей в виде патрубков. В эти патрубки входят пальцы, выполненные из гладкой арматурной стали круглого сечения, согнутые под прямым углом и приваренные к торцам

горизонтальных стержней. Данное соединение формирует горизонтальный диск жесткости сотовой структуры. Эта структура образована стержнями одинаковой длины и диаметра, расположенными под углом 60 градусов друг к другу.

Универсальные строительные леса включают идентичные по габаритам вертикальные и горизонтальные стержни, выполненные из труб круглого профиля 2 и 4. На торцах горизонтальных стержней закреплены стыковочные элементы (5), изготовленные из гладкой арматурной стали круглого сечения. Данные элементы входят с возможностью фиксации в крепежные детали вертикальных стержней (2), представляющие собой шесть приваренных к каждому стержню труб прямоугольного профиля (3). Это соединение реализует принцип захвата типа «труба-стержень» (Рисунок 4.10, Рисунок 4.11, Рисунок 4.12, Рисунок 4.13).

Горизонтальные стержни 4 выполнены из труб круглого сечения и имеют одинаковые размеры по длине и диаметру. Крепление горизонтальных стержней 4 к сборным вертикальным стержням – стойкам 2 осуществляется с помощью стыковочных элементов в виде захватов «труба-стержень» 3, 5. Вертикальные стержни 2 снабжены соединительными стыковочными узлами, выполненные в виде приваренных к верхним концам стержней труб меньшего диаметра 1 (Рисунок 4.10, Рисунок 4.14).

Основное обеспечение вертикальной устойчивости конструкции достигается за счет узлов соединения типа "труба-стержень" (поз. 3. 5).

Горизонтальная жесткость: стабильность в горизонтальной плоскости создается системой стержней 4, расположенных под углом 60° друг к другу. Такое взаимное расположение формирует замкнутые треугольные контуры, придающие конструкции высокую жесткость (Рисунок 4.15).

Дополнительная вертикальная жесткость: при необходимости повысить устойчивость в вертикальном направлении могут устанавливаться диагональные регулируемые связи (поз. 6). Они монтируются на свободных сторонах секций по внешним, внутренним и боковым контурам лесов (Рисунок 4.14).

Формируются секции первого яруса путем соединения вертикальных стержней (2) с горизонтальными стержнями (4). Стыковка осуществляется посредством Г-образных элементов из гладкой круглой арматуры (5) на концах горизонтальных стержней, которые входят в крепежные трубки (3), приваренные к вертикальным стержням (2), образуя соединение "труба-стержень" (Рисунок 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14). При необходимости на этом этапе крепятся диагональные регулируемые связи (6) для усиления вертикальной жесткости.

Сборка последующих ярусов: вертикальные стержни (2) следующего яруса устанавливаются в соединительные узлы, расположенные на верхних торцах стоек нижнего яруса. Эти узлы представляют собой приварные трубки меньшего диаметра (1). Операции по сборке яруса идентичны сборке первого яруса.

Наращивание конструкции: описанная последовательность (пункт 2) повторяется для каждого вышележащего яруса до достижения проектной высоты.

Боковое расширение: горизонтальное наращивание лесов возможно в направлениях слева-направо и справа-налево. Также предусмотрен метод подмащивания при сборке сверху-вниз.

Преимущества сборки: разработанные схемы и методы монтажа обеспечивают возможность применения данных лесов на площадках со сложным доступом и ограниченным пространством, позволяя эффективно обходить и огибать препятствия разнообразной формы.

Методика оценки надежности и безопасности: оценка уровня надежности и безопасности конструкции лесов проводится на основе анализа статистических данных и экспертных заключений. Методика включает:

- идентификацию связей: Определение количества и местоположения информационных, случайных и взаимозависимых связей, потенциально подверженных разрыву;

- расчет показателей: Вычисление уровня надежности и безопасности методов монтажа с использованием формулы (4.52). Расчет учитывает общее количество связей и частоту (количество) их разрывов.

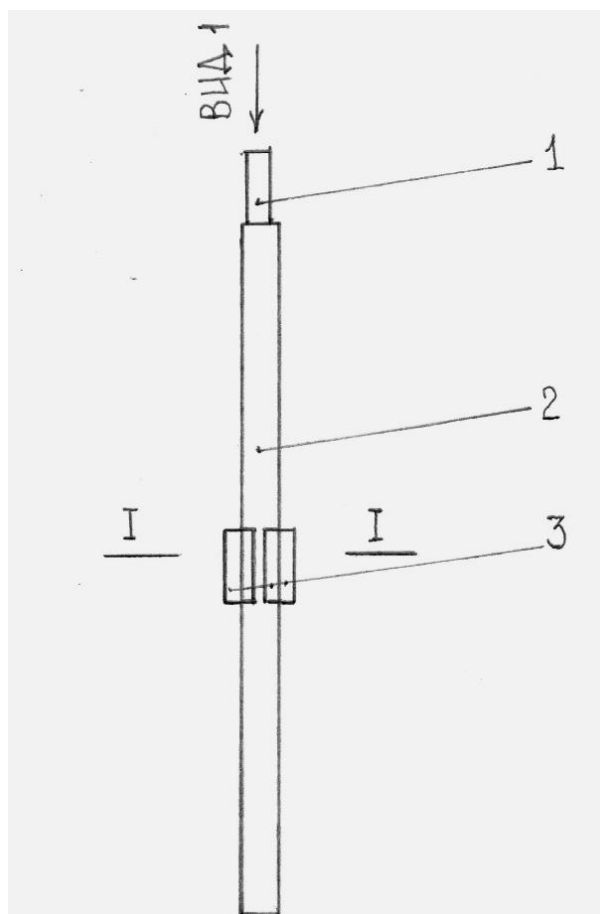


Рисунок 4.10 – Вертикальная стойка

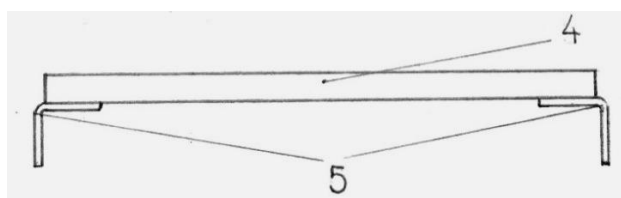


Рисунок 4.11 – Горизонтальный связевой стержень

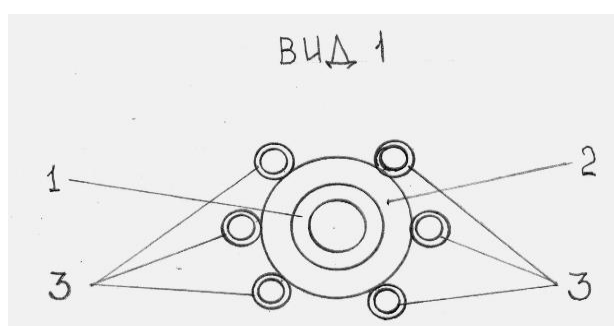


Рисунок 4.12 – Соединительный узел

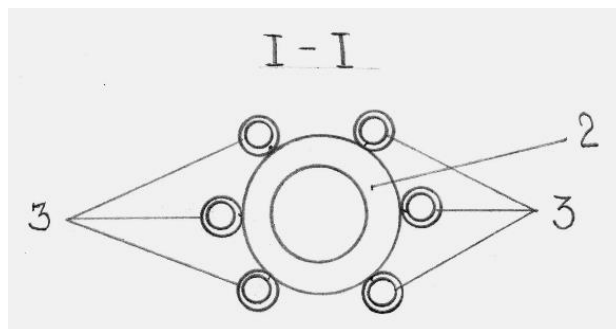


Рисунок 4.13 – Соединительный узел

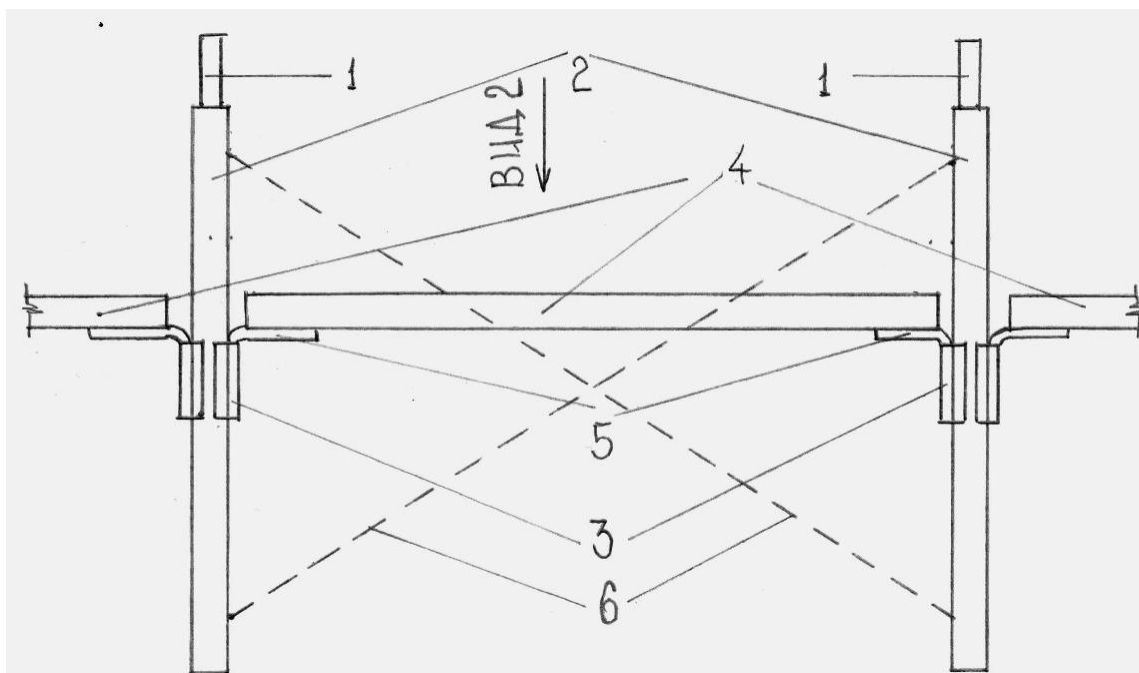


Рисунок 4.14 – Фрагмент сборочной схемы

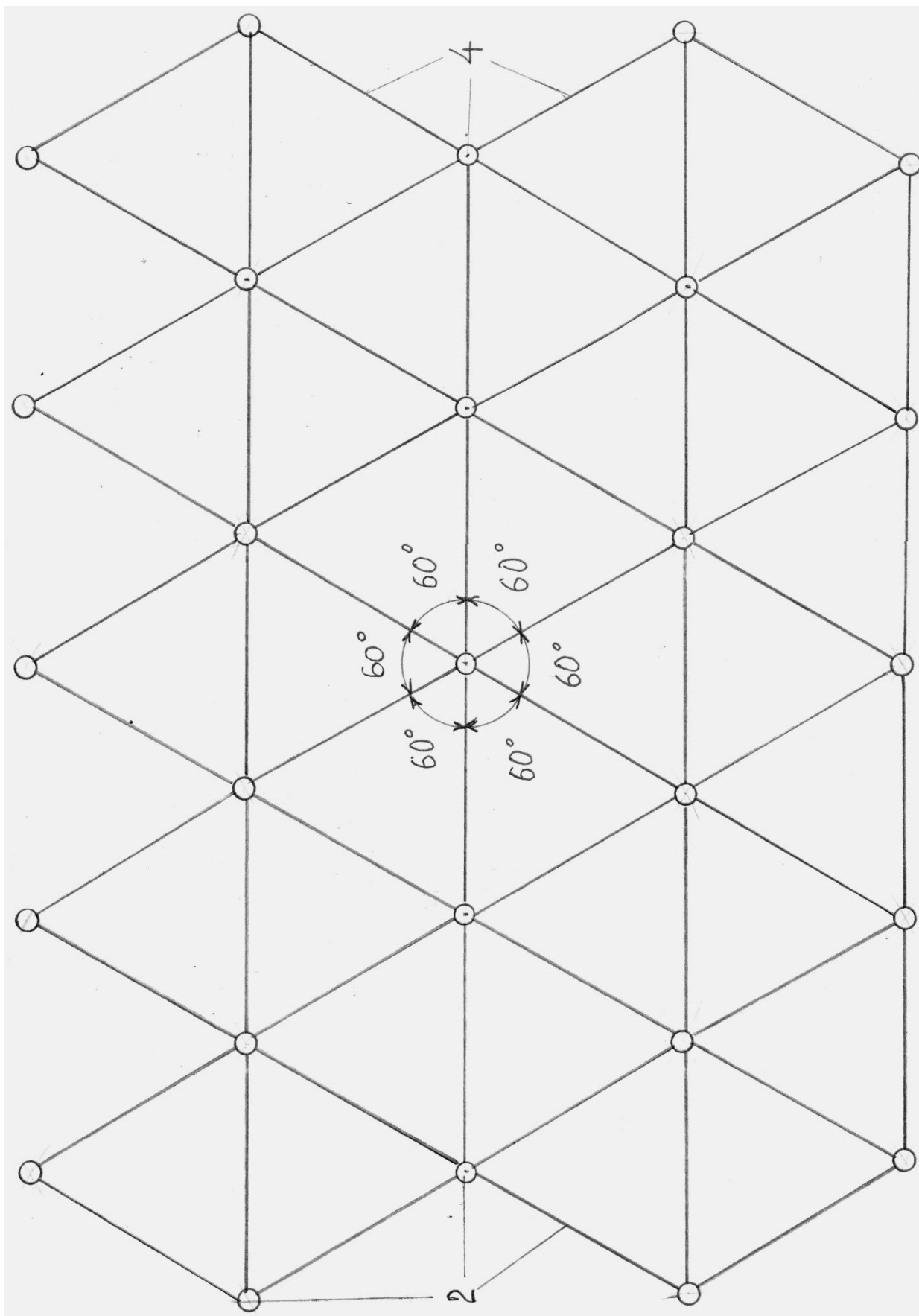


Рисунок 4.15 – Монтажная схема

Уровень надежности универсальных строительных лесов рассчитываем по формуле Батаева Д.К-С. [43]:

$$P = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n u_i \cdot m_i}{I} + \frac{c \cdot m_c}{C} + \frac{b \cdot m_b}{B} \right) = 0,950 \quad (4.52)$$

где u_i - число i -ой информационной связи, подверженной разрыву;

c - число случайных связей, подверженных разрывам;

b - число взаимозависимых связей, подверженных разрывам;

I - число информационных связей;

B - число взаимозависимых связей;

C - число случайных связей;

m_i - вес i -ой информационной связи, подверженной разрыву;

m_c - вес случайных связей, подверженных разрывам;

m_b - вес взаимозависимых связей, подверженных разрывам.

Рассматриваемые универсальные сотовые строительные леса имеют следующее количество связей и их разрывов, которые определены простым подсчетом из структурной модели связей:

1. информационные связи – $I = 48$,
2. случайные связи – $C = 20$,
3. взаимозависимые связи – $B = 24$,
4. разрывы информационных связей при:
 - $I_1 = 1$;
 - $I_2 = 1$;
 - $I_3 = 1$;
 - $I_4 = 2$,
5. разрывы случайных связей – $I_c = 4$,
6. разрывы взаимозависимых связей – $I_b = 2$,

Веса разрывов связей: $m_1 = 0,114$, $m_2 = 0,152$, $m_3 = 0,200$, $m_4 = 0,210$, $m_c = 0,074$, $m_b = 0,249$.

Подставив эти данные в формулу (4.52), получаем значение уровня надежности и безопасности.

$$P = 1 - \frac{1 \cdot 0,114 + 1 \cdot 0,152 + 1 \cdot 0,200 + 2 \cdot 0,210}{48} + \frac{4 \cdot 0,074}{20} + \frac{2 \cdot 0,249}{24} = 0,946$$

Из расчета мы получаем $P \geq P_n$. Соответственно, рассчитываемые сотовые строительные леса являются надежными и безопасными.

4.4.2. Строительный раствор на основе каустического доломита

Изобретение относится к строительству, реставрации, ремонту и восстановлению памятников истории и культуры, выполненным применением строительного раствора на основе каустического доломита с целью повышения устойчивости их жизненного цикла (Патент №2846146, 01.09.2025) (Приложение 1).

Аналог 1 (Патент № 2136623С1, 10.09.1999): известно магниальное вяжущее, включающее следующие компоненты, масс. %:

- каустический доломит: 65%;
- раствор кислых фосфатов алюминия и магния: 5-10%;
- раствор хлорида магния: 25-30%.

Недостаток: недостаточная прочность конечного материала.

Аналог 2 (Патент № 2017704С1, 15.08.1994): известна композиция для восстановления древних каменных сооружений, содержащая, %:

- портландцементный клинкер: 62 - 68%;
- нитрит натрия: 3 - 10%;
- хромат калия: 2 - 5%;
- вода: остальное.

Недостаток: экологическая небезопасность, обусловленная присутствием нитрита натрия.

Наиболее близкий аналог (Прототип, Патент № 2003103719, 20.07.2004): сухая строительная смесь, предназначенная для устройства напольных покрытий, а также применимая для покрытий стен, потолков, фасадов, кровель, металлических и деревянных конструкций, изготовления штучных строительных изделий. Смесь содержит:

- активный оксид магния (каустический магнезитовый порошок): 15-40%;
- модифицирующую добавку: 0.5-10%;
- природный минерал шунгит III разновидности: остальное (до 100%). Однако прототип включает компоненты, приводящие к удорожанию готовой продукции.

Техническим результатом разработанного способа является усовершенствование технологии строительного раствора на основе каустического доломита для обеспечения максимального сходства с «материнским» составом и повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры на этапах ремонта, восстановления, реставрации и эксплуатации.

Техническое решение заключается в том, что строительный раствор содержит вяжущее вещество (каустический доломит), полученный с использованием местной сырьевой базы, и добавки при следующем соотношении компонентов, гр.:

-сланцевая крошка	- 250;
-каустический доломит	- 200;
-древесная зола	- 1;
-цемянка	- 20;
-вода	- 120.

Целью изобретения является разработка строительного раствора для ремонта, реставрации и восстановления памятников истории и культуры максимально приближенного к «материнскому» составу, взятого из кладки стен объектов культурного наследия. Поставленная цель достигается тем, что

строительный раствор на основе каустического доломита готовится с добавлением сланцевой крошки, древесной золы, цемянки и воды.

Для проведения экспериментов была приготовлена растворная смесь по составу, указанному ниже (на один образец-балочку 40x40x160 мм):

- сланцевая крошка: 250 г;
- каустический доломит: 200 г;
- древесная зола: 1 г;
- цемянка: 20 г;
- вода: 120 г.

Из данной смеси изготовили образцы в виде балочек размером 40x40x160 мм. Через 28 суток стандартного твердения образцы подвергли механическим испытаниям. Получены следующие показатели прочности:

- прочность на растяжение при изгибе: 2.8 кг/см²;
- прочность на сжатие: 31 кг/см².

Вывод: предложенный рецепт строительного раствора, основным вяжущим компонентом которого является каустический доломит, продемонстрировал:

- технологичность: удобство приготовления и формования образцов;
- экономичность: использование доступных компонентов (сланцевая крошка, древесная зола, цемянка);
- повышение аутентичности: состав обеспечивает высокое соответствие историческим материалам, что критически важно для сохранения подлинности памятников истории и культуры при проведении реставрационных, восстановительных, ремонтных, реконструктивных и модернизационных работ.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. Теоретические, вероятностные и статистические уравнение для определения численных значений показателей надежности памятника истории и культуры позволяют уяснить смысл самих показателей.

2. Точность приближенных уравнений зависит от объекта выборки статистических данных – чем больше объем выборки статистических данных, тем выше точность. Оценка точности результатов расчетов по приближенным уравнениям может производиться различными методами математической статистики.

3. Невосстанавливаемые памятники подлежат сносу и утилизации после первого отказа, так как у таких памятников первый отказ является, одновременно, и последним.

4. Сложные памятники, возведенные в сейсмической зоне на просадочных грунтах, требуют ввода в практические расчеты надежности специальные показатели типа вероятности наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы за фиксированное календарное время и др., что приводит к возрастанию значения гамма-процентных показателей надежности (ресурса, срока службы, долговечности и пр.), а также назначенных и установленных показателей надежности.

5. Реальное значение коэффициента сохранения эффективности памятника истории и культуры рассчитывается с учетом реальной надежности элементов самого памятника с установлением границ его работоспособного и неработоспособного состояния.

6. Разработанные универсальные сотовые строительные леса предназначены для использования в строительной отрасли. Они применимы на всех ключевых стадиях жизненного цикла объектов культурного наследия, включая:

- эксплуатацию;
- ремонт;
- воссоздание;

- реставрацию;
- реконструкцию;
- модернизацию;
- снос;
- утилизацию историко-культурных памятников, расположенных на объектах со сложным доступом и стесненными условиями производства работ.

7. Методика оценки показателей надежности и безопасности универсальных сотовых строительных лесов осуществляется по следующей методике:

- идентификация связей: определение количества и локализации информационных, случайных и взаимозависимых связей, потенциально уязвимых к разрыву. Этап базируется на анализе статистических данных и экспертных заключений.

- расчет уровня надежности: вычисление количественного показателя надежности и безопасности методов монтажа с использованием формулы, учитывающей общее количество связей и фактическое число нарушений их целостности (разрывов). Применение данной методики к разработанным лесам показало уровень надежности $P = 0.950$.

8. Разработанный состав строительного раствора на основе каустического доломита (Приложение 1) технологичен, экономичен, позволяет повысить оригинальность памятников истории и культуры при их восстановлении, воссоздании, ремонте, реставрации, реконструкции и модернизации.

Глава 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТОК

В рамках практического внедрения научно технических результатов разработана нормативно-техническая документация, представлены технико-экономические показатели внедрения научно-технических и технологических разработок в практику, выполнен расчет экономического эффекта от внедрения сухой реставрационной смеси и строительного раствора на основе каустического доломита (Приложение 1), разработана концепция сохранения объектов культурного наследия СКФО [47], разработан паспорт ОКН (Приложение 6) и дана экономическая оценка повышения долговечности памятников истории и культуры.

5.1. Нормативно-техническая документация

В ходе диссертационного исследования разработана методика количественной оценки показателей надежности и безопасности в соответствии с регламентом, представленном в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Регламент применения методики количественной оценки показателей надежности и безопасности

Критерий	Процессы	Область применения методики
Подъем и перемещение грузов	-грузоподъемные операции; -такелажные работы.	- расчет показателей на этапе проектирования ППР; -планирование мероприятий по безопасности; -разработка такелажных приспособлений.
Монтаж/демонтаж средств доступа	- установка лесов; - сборка подмостей.	-оценка надежности конструкций; -оптимизация монтажных технологий.
Работы на ОКН	-реставрация; -реконструкция; -ремонт; -модернизация.	-проектирование безопасных методов работ; -разработка защитных технологий для памятников.

Условия проведения расчета уровня надежности и безопасности по данной методике выполняется при наличии:

- альтернативных вариантов ППР или утвержденных технологических карт;
- генерального плана объекта с указанием местоположения памятника истории и культуры, в отношении которого проводятся ремонтные, восстановительные, реставрационные, реконструкционные или модернизационные работы.

Разработаны Технические условия ТУ 08.11.20.114-002-45264133-25 на гидравлическую известь (Приложение 3). Данный продукт получают путем умеренного обжига (без достижения спекания) мергелистых горных пород, содержащих 7–25% глинистых компонентов. Гидравлическая известь, производимая по этим ТУ, предназначена для использования в качестве основного известкового вяжущего вещества при проведении следующих работ на объектах культурного наследия:

- ремонт;
- реставрация;
- реконструкция;
- модернизация.

Разработанные технические условия включают технические требования, что гидравлическая известь должна соответствовать требованиям настоящих технических условий и изготавливаться по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. Материалы, применяемые при производстве гидравлической извести, должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов. Истинная плотность должна находиться в пределах от 2,6 - 3 г/см³, значение гидравлического модуля для гидравлической извести - в пределах от 1,6 до 10. Гидравлическая известь по химическому составу должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.2.

Таблице 5.2 – Химический состав гидравлической извести

Химический состав	Норма для извести, % по массе	
	слабогидравлической	сильногидравлической
Активные CaO+MgO:		
- не более	65	40
- не менее	40	5
Активный MgO, не более	6	6
CO ₂ , не более	6	5

Правилами приемки предписано, что гидравлическая известь должна быть принята техническим контролем предприятия-изготовителя. Гидравлическая известь принимается и отгружается партиями. Партией считают количество извести одного вида и сорта, изготовленной по одной технологии и сопровождаемой одним документом (документ о качестве). Для проверки соответствия качества гидравлической извести требованиями настоящих технических условий установлено проведение приемосдаточных и периодических испытаний.

Предусмотрены методы контроля проведением химического анализа и определением физико-механических свойств гидравлической извести в соответствии с требованиями ГОСТ 22688. Техническими условиями предусмотрены также правила транспортирования, хранения извести и гарантии изготовителя.

Технологические карты - комплексные организационно-технологические документы (Приложение 2), разработанные на основе методов научной организации труда для выполнения технологических процессов. Технологические карты определяют состав производственных операций с применением наиболее современных средств механизации и способов выполнения работ по определённо заданной технологии. Они предназначены для использования при разработке проектов реставрации, реконструкции, ремонта, восстановления и воссоздания памятников истории и культуры, проектов производства ремонтно-реставрационных работ и другой организационно-технологической документации строительными и

реставрационными подразделениями. Технологические карты являются составной частью проектов производства работ и используется в их составе согласно методическим рекомендациям по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ.

5.2. Внедрение научно-технических и технологических разработок в практику

На производственно-технологической базе ООО «Комплекс» и ООО «Восход-4т» (Чеченская Республика, г. Аргун, ул. С. Аксактемирова, 33а) для производства сухих ремонтно-реставрационных смесей на основе разработанного состава (строительного раствора на основе каустического доломита) спроектирована и смонтирована технологическая линия мощностью 3,0 – 5,0 тн/сут (Рисунок 5.1).

Технологическая линия оснащена следующими ключевыми компонентами:

- автоматизированный дозирующий терминал: обеспечивает точное взвешивание и дозирование сырья, добавок и других компонентов смеси;
- система выгрузки: для оптимизации процесса и сокращения времени разгрузки готовой сухой реставрационной смеси из смесителя установлен разгрузочный люк, оснащенный пневмоприводом;
- смесительное оборудование: процесс гомогенного перемешивания ингредиентов осуществляется в лопастном смесителе принудительного действия;
- приводная система: привод смесителя включает современный цилиндрический редуктор. Это решение обеспечивает:
- упрощенное техническое обслуживание оборудования в процессе эксплуатации;
- снижение уровня производственного шума в рабочей зоне цеха;
- система управления: линия интегрирована со специализированным программным обеспечением, позволяющим централизованно контролировать

и управлять широким спектром технологических параметров.



Рисунок 5.1 – Технологическая линия для производства сухих ремонтно-реставрационных смесей

5.3. Расчет экономического эффекта от внедрения сухой реставрационной смеси и строительного раствора на основе каустического доломита

1) Расчет стоимости сухой реставрационной смеси.

В таблице 5.3 представлен расчет стоимости сухой реставрационной смеси, включающий прямые затраты, накладные расходы и плановые накопления.

Таблица 5.3 - Расчет стоимости сухой реставрационной смеси.

№№ п/п	Наименование компонента	един. изм.	кол-во	стоимость единицы, руб.	стоимость, руб.
А. Стоимость компонентов с доставкой					
1	Кварцевый песок	кг.	5160	1,2	6192,0
	Транспортные расходы				4000,0
2	Доломит	кг.	11260	1,80	20268,0
	Транспортные расходы				40000,0
3	Известь гидратная	кг.	800	11,6	9280,0
	Транспортные расходы				4500,0
4	Пемзика	кг.	540	13,9	7500,0
	Транспортные расходы				0,0
5	Белый цемент	кг.	2060	30,0	61800,0
	Транспортные расходы				2000,0
6	Зола древесная	кг.	150	115,0	17250,0
	Транспортные расходы				0,0
7	СП ПК СПК-4	кг.	10		8400,0
	Транспортные расходы				0,0
8	РП 2022	кг.	160		40000,0
	Транспортные расходы				0,0
9	Казеиновый клей	кг.	10	1500,0	15000,0
	Транспортные расходы				0,0
Итого:					236190,0
Б. Стоимость энергоносителей					
1	Электроэнергия	КВт/ч	2000	7,4	14800,0
2	Газ-пропан	л.	140	25,0	3500,0
Итого:					18300,0
В. Расходные материалы					
1	Тара – мешки	шт.	800	30,0	24000,0
2	Клише	шт.	1	25000,0	25000,0
Итого:					49000,0
Г. Заработная плата рабочих					
1	Оператор техн. линии	чел.	2	60000,0	120000,0
2	Мастер-технолог	чел.	1	75000,0	75000,0
Итого:					195000,0
Прямые затраты					498490,0
Накладные расходы (25%)					124622,0
Себестоимость					623112,0
Плановые накопления (15%)					93467,0
Стоимость 20 тн. сухой реставрационной смеси кладочной УС-95к					716579,0
Стоимость 25 кг. сухой реставрационной смеси кладочной УС-95к в мешке					895,72

2) Расчет экономического эффекта от использования строительного раствора на основе каустического доломита.

Экономический эффект от внедрения ремонтно-реставрационных составов (PPC) на основе каустического доломита рассчитывается по формуле [63, 127, 156, 167]

$$\Xi = [(3_1 \times \frac{y_1}{y_2} - 3_2) + \frac{(И_1^1 - И_2^1) - E_n \times (K_2^1 - K_1^1)}{y_2}] \times A, \quad (5.1)$$

где 3_1 и 3_2 – приведенные затраты базового и нового PPC;

Y_1 и Y_2 – удельные расходы, соответственно, базового и нового состава PPC;

$\frac{y_1}{y_2}$ – коэффициент удельного расхода состава;

$И_1^1$ и $И_2^1$ – затраты на единицу работы, производимой потребителем базового и нового состава, в руб.;

K_1^1 и K_2^1 – капитальные вложения заказчика при внедрении базового и нового PPC в расчете на единицу работы, производимой с применением нового состава, в руб.;

A – плановый годовой выпуск нового реставрационного раствора (PPC), выраженный в натуральных показателях (например, тоннах или кубических метрах).

До внедрения нового состава PPC использовались растворы на базе белого цемента и воздушных известковых вяжущих. Разработанный раствор обладает повышенной эффективностью и полностью соответствует актуальным техническим и эксплуатационным требованиям. Исходные параметры для расчета представлены в таблице 5.4.

Условие расчета: поскольку капитальные затраты на ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию объектов культурного наследия остались неизменными, формула (5.1) принимает следующий вид:

$$\Xi = [(3_1 \times \frac{y_1}{y_2} - 3_2) + \frac{(И_1^1 - И_2^1)}{y_2}] \times A, \quad (5.2)$$

Расчет экономического эффекта от внедрения нового реставрационного раствора на базе каустического доломита требует следующих исходных данных:

- удельные капиталовложения на тонну производимого состава в условиях Чеченской Республики.

$$K_1 = \frac{100000}{1000} = 100 \text{ руб.}; \quad (5.3)$$

-приведенные затраты на приготовление 1,0 тн. состава в Чеченской Республике

$$Z_2 = 3500 + 0,15 \times 110 = 3517,0 \text{ руб.} \quad (5.4)$$

Таблица 5.4 – Исходные данные для расчета экономического эффекта от внедрения РРС на основе каустического доломита

№ № п. п.	Наименование показателя	Услов- ное обоз- начен- ие	Единица измерен- ия	До внед- рения	После внедрения		
					годы		
					1-й	2-й	3-й
1.	Объем выпуска состава	А	т	1000	1000	1000	1000
2.	Себестоимость 1 т состава	С	руб	3000	3500	3500	3500
3.	Капитальные вложения (инвестиции)	К _в	тыс.руб	100	115	115	115
4.	Удельные капитальные вложения	К	руб	100	115	115	115
5.	Расход состава на 1м ² сухой кладки	У	т	0,005	0,004	0,004	0,004
6.	Себестоимость 1м ² покрытия без стоимости состава	И ¹	руб	1,0	0,86	0,86	0,86
7.	Экономический эффект	Э	руб	-	290000	290000	290000
8.	Экономический эффект в расчете на 1т состава	Э _о	руб	-	290,0	290,0	290,0

Экономический эффект от внедрения раствора рассчитан по формуле (5.5):

$$\begin{aligned} \Xi = [(3015 \times \frac{0,005}{0,004} - 3516,5) + \frac{(1,0 - 0,85)}{0,004}] \times 1000 = [(3768,75 - 3516,5) + 37,5] \times \\ 1000 = 290000 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.5)$$

Ориентировочный годовой экономический эффект от применения РРС на каустическом доломите составляет 290 000 рублей.

Прогнозируемый совокупный эффект за 10 лет эксплуатации: 2 900 000 рублей.

3) Практическое внедрение РРС на объектах культурного наследия.

Ремонтно-реставрационные составы на основе каустического доломита (Приложение 1) были успешно применены ООО «Комплекс» и ООО «Восход-4т» (Приложение 4, Приложение 5) при работах на башенном комплексе (хутор Чармахой, историческое поселение Нашха, Галанчожский район, Чеченская Республика). Воссоздание, ремонт и реставрация объектов башенного комплекса Чармаха выполнялись с 2019 года по поручению Главы Чеченской Республики, Героя России Р.А. Кадырова. Ремонту и реставрации были подвержены жилая башня и старая мечеть, а ограда и крепостная стена (Рисунок 5.2) были восстановлены (воссозданы) с использованием классических портландцементных растворов и ремонтно-реставрационных смесей.

Разработанный ремонтно-реставрационный состав на основе каустического доломита нашел применение при зачеканке швов внутренней каменной кладки старой мечети и наружных швов несущих и ограждающих стен. Также снаружи были зачеканены несущие стены жилой башни, а швы каменной кладки ограды и крепостной стены были зачеканены в двух сторон.

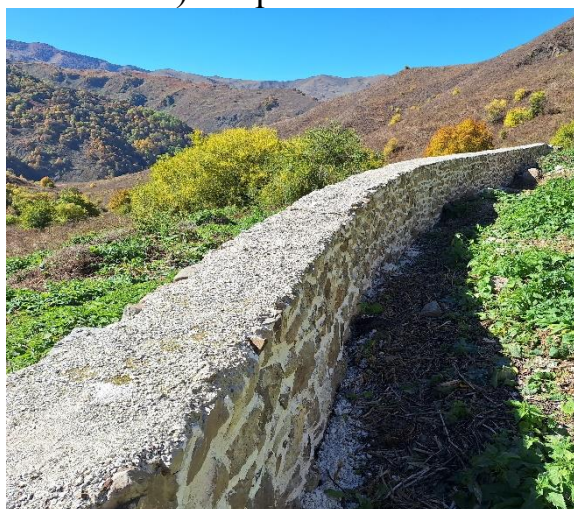
Работы производились в осенне-зимний период, когда имело место попеременное замораживание и оттаивание, поэтому в составе варьировался казеиновый компонент, выполняющий помимо адгезионной функции и функцию замедлителя схватывания. С целью снижения температуры замерзания РРС на основе каустического доломита при производстве ремонтно-реставрационных работ применялись антиморозийные добавки.



а) Старая мечеть



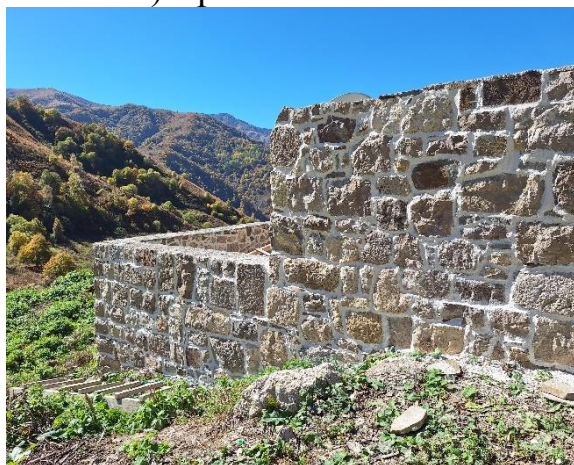
б) Жилая башня



в) Крепостная стена



г) Ограда



д) Боковой фасад



е) Внутренняя отделка

Рисунок 5.2 – Ремонт, реставрация и реконструкция башенного комплекса в отселке Чармаха древнего поселения Нашаха Галанчожского района Чеченской Республики

5.4. Концепция сохранения объектов культурного наследия СКФО

Сохранение объектов исторического наследия имеет большое значение в культурном развитии регионов России. Кавказ богат древними памятниками, свидетельствующими о цивилизационной уникальности живущих там народов, но многие из них находятся в критическом состоянии. В связи с этим важной задачей является научно обоснованная оценка объектов культурного наследия и разработка проектов их ремонта, реставрации и реконструкции.

Концепция сохранения объектов культурного наследия СКФО закладывает методологические основы для решения ключевых задач в сфере охраны историко-культурного наследия региона (Рисунок 5.3) [46, 47].



Рисунок 5.3 – Система комплексного сохранения объектов культурного наследия

Цель Концепции: воссоздание исторического облика памятников средневекового периода и их комплексная ревитализация (оживление) для реализации масштабных культурных проектов на территории всех субъектов СКФО.

Структура Концепции сохранения ОКН СКФО включает следующие ключевые разделы:

- количественная и типологическая характеристика объектов культурного наследия СКФО;
- система нормативно-правового регулирования охраны памятников истории и культуры;
- анализ текущего состояния объектов культурного наследия;

- механизмы охраны и обеспечения сохранности ОКН;
- интеграция вопросов сохранения наследия в государственные и муниципальные программы;
- основные инструменты сохранения объектов культурного наследия СКФО;
- концептуальные положения реставрации ОКН;
- научные основы разработки ремонтно-реставрационных вяжущих и составов;
- концепция создания мегатуристического комплекса «Древний Кавказ».

Концепция сохранения объектов культурного наследия СКФО направлена на комплексную защиту исторических памятников через сочетание традиционных подходов и современных технологий. Её ключевая цель – обеспечение физической сохранности и подлинности культурных ценностей при одновременной адаптации к актуальным условиям эксплуатации. В основе лежит научно обоснованная система мер, включающая консервацию, реставрацию и разумную модернизацию объектов. Особое внимание уделяется нормативно-правовому регулированию процесса охраны и мониторингу состояния памятников. Важным аспектом остается популяризация культурного наследия через включение исторических объектов в социально-экономическую и образовательную сферу региона. Такой подход позволяет сохранить уникальный историко-культурный облик Северного Кавказа для будущих поколений (Рисунок 5.4).

Концепция сохранения и развития культурного наследия СКФО, основные цели и направления:

- сохранение историко-архитектурной подлинности, реализация научно обоснованного комплекса мер по восстановлению аутентичного облика средневековых памятников, сохранению уникальных объемно-планировочных решений, адаптивной интеграции исторических объектов в современную среду;

- оптимизация функционального использования, создание эффективной модели эксплуатации объектов наследия через разработку инвестиционных программ развития, внедрение инновационных музейных технологий, формирование культурно-туристических кластеров;

- совершенствование системы охраны наследия, разработка комплексного механизма управления, включающего научные методы консервации и реставрации, современные системы мониторинга состояния объектов, устойчивые институты охраны памятников.

Ключевые направления реализации:

1. Нормативно-правовое регулирование:

- совершенствование законодательной базы;
- оптимизация административных процедур;
- развитие межведомственного взаимодействия.

2. Практическая охрана объектов:

- проведение консервационных мероприятий;
- выполнение реставрационных работ;
- адаптация памятников к современному использованию.

3. Культурно-образовательная деятельность:

- создание музейных и выставочных пространств;
- разработка просветительских программ;
- развитие культурных инициатив на базе памятников.

Данная концепция обеспечивает комплексный подход к сохранению культурного наследия, сочетающий бережное отношение к исторической подлинности с современными требованиями к использованию памятников.

Концептуальная идея заключается в спасении первоочередных объектов культурного наследия СКФО, находящихся на грани полного уничтожения, внедрение системного подхода к сохранению ОКН, включающего:

- мониторинг состояния сохранности ОКН;
- включение ОКН в систему культурного туризма.

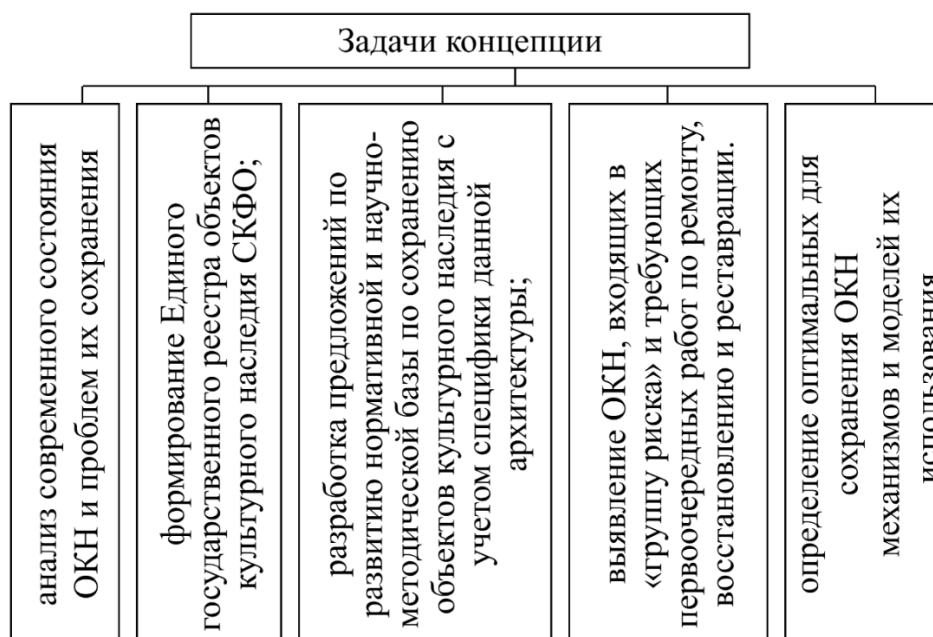


Рисунок 5.4 – Основные задачи концепции

Организационно-правовые аспекты реализации проекта такие как:

- регламентация правового статуса объектов: официальная регистрация памятников в кадастре, юридическое оформление прав собственности на аварийные объекты культурного наследия;
- финансово-экономическое обеспечение - формирование системы финансирования: реставрационные работы, восстановительные мероприятия, реконструкционные проекты;
- инвестиционная стратегия - разработка механизмов ГЧП: финансирование консервации ОКН, эксплуатация туристического кластера "Древний Кавказ";
- научно-экспертная деятельность - проведение комплексной историко-культурной экспертизы: объекты наследия СКФО, территории их расположения;
- управленческие модели: определение: организационно-правовых форм, функционального статуса музейных объектов, режимов использования комплекса.

Практические мероприятия по сохранению наследия включают:

- научно-проектные работы: проведение НИОКР, разработка проектной документации (для всех объектов наследия; с учетом их исторической ценности);
- восстановительные мероприятия: реабилитация исторических ландшафтов, воссоздание культурного контекста территорий;
- инфраструктурное развитие - комплексное благоустройство: прилегающих территорий, зон охраны памятников;
- стратегическое развитие: туристического кластера; музейно-выставочной деятельности;
- территориальное планирование: функциональное зонирование СКФО, интеграция ОКН в туристические маршруты и культурные программы;
- нормативно-правовая база концепции (Рисунок 5.5): указ Президента РФ №808 от 24.12.2014, распоряжение Правительства РФ №326-р от 29.02.2016, федеральный закон №172-ФЗ от 28.06.2014.

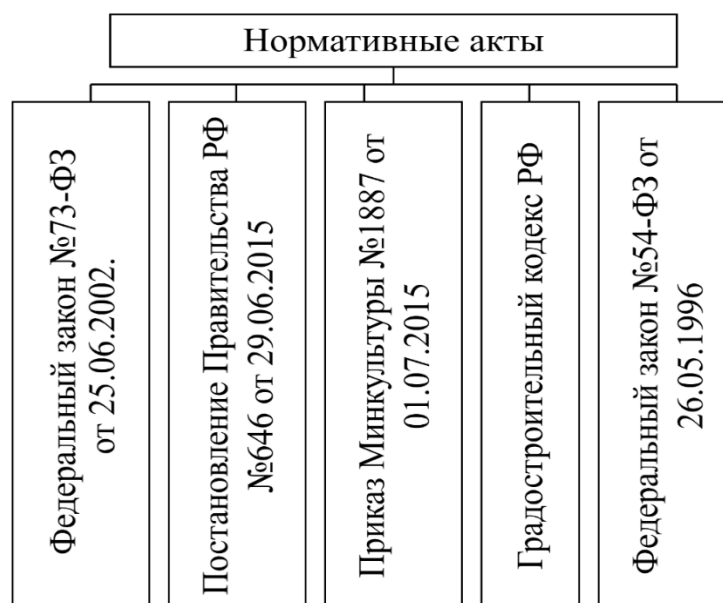


Рисунок 5.5 – Специальные нормативные акты

Целевая аудитория концепции:

- научные сотрудники;
- инженерно-технические специалисты;
- преподавательский состав;
- аспиранты и студенты строительных специальностей.

Концепция может применяться как методическое пособие, учебно-методический материал, практическое руководство по сохранению ОКН.

5.5. Экономическая оценка повышения долговечности памятников истории и культуры

Для расчета стоимости памятника истории и культуры можно применить три метода (Рисунок 5.6), которые применимы и для определения общих затрат по эксплуатации, ремонту, реставрации, реконструкции модернизации памятника [10, 59, 77, 78, 82, 89, 93, 97, 104, 105, 132, 141].

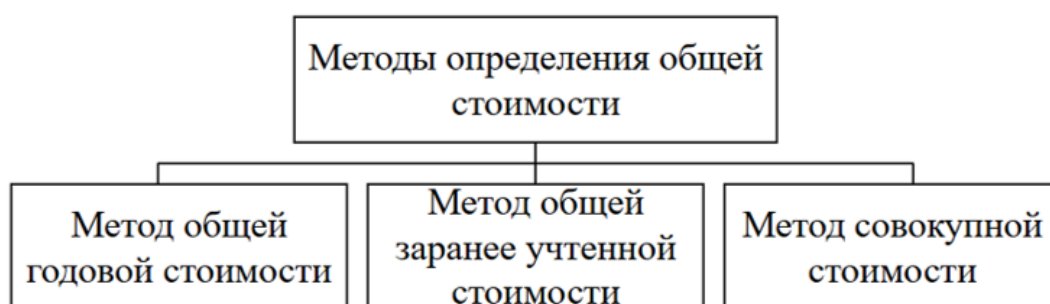


Рисунок 5.6 – Методы определения общей стоимости памятника истории и культуры

Метод общей годовой стоимости - преобразует все капитальные затраты (единовременные инвестиции) и эксплуатационные расходы (содержание, ремонт, реставрация, реконструкция, модернизация) в эквивалентную среднегодовую величину за расчетный период.

Метод общей заранее учтенной стоимости - капитализирует будущие расходы на ремонт, реставрацию, реконструкцию и другие работы, переводя их в единовременную сумму на момент оценки. Эта сумма добавляется к первоначальной стоимости объекта наследия.

Метод расчета совокупной стоимости - учитывает все затраты на протяжении всего жизненного цикла памятника (ремонт, реставрация, реконструкция, модернизация, эксплуатация). Эти затраты дисконтируются и суммируются в приведенную стоимость на выбранный момент времени, обычно на год ожидаемого окончания срока службы (ликвидации/сноса), формируя величину совокупных накопленных затрат.

Приведем математические формулировки трех рассмотренных методов расчета, основанные на применении формул срочных уплат и срочных взносов.

а) Метод общей годовой стоимости:

$$\Gamma = \frac{\rho_0 \cdot \Psi^{T_c}}{100(\Psi^{T_c} - 1)} K + \frac{I}{100} K. \quad (5.6)$$

б) Метод общей заранее учтенной стоимости:

$$Y = K + \frac{I(\Psi^{T_c} - 1)}{\rho_0 \cdot \Psi^{T_c}} K. \quad (5.7)$$

в) Метод совокупной стоимости:

$$W = \Psi^{T_c} K + \frac{I(\Psi^{T_c} - 1)}{\rho_0} K, \quad (5.8)$$

где

K – первоначальная стоимость памятника;

ρ_0 – процентная ставка на капитал;

$\Psi = 1 + 0,01\rho_0$;

I – среднегодовые расходы на ремонт, реставрацию, реконструкцию и модернизацию, включая амортизационные отчисления;

T_c – срок службы памятника, годы;

Γ – общие среднегодовые расходы на ремонт, эксплуатацию, реставрацию и пр. памятника;

Y – учетная стоимость, складывающаяся из не капитализированной первоначальной стоимости и капитализированных расходов на ремонт, реставрацию, эксплуатацию и пр. памятника за весь срок его службы;

W – совокупная стоимость расходов на ремонт, реставрацию, эксплуатацию и пр. памятника.

Для обобщенной экономической оценки долговечности условного памятника примем за основу следующие данные:

$K = 1000000$ руб.; $\rho_0 = 5\%$; $\Psi = 1 + 0,01 \times 5 = 1,05$; $I = 1\%$; $T = 50$ лет.

Подставляя эти данные в формуле (5.6), (5.7) и (5.8), получим

$$а) \Gamma = \frac{1000000 \times 5 \times 1,05^{50}}{100 (1,05^{50} - 1)} + \frac{1}{100} \times 1000000 = \frac{54771}{84,56\%} + \frac{10000}{15,44\%} = \frac{64771}{100\%};$$

$$\text{б) } Y = 1000000 + \frac{1(1,05^{50}-1)}{5 \times 1,05^{50}} \times 1000000 = \frac{1000000}{84,56\%} + \frac{182600}{15,44\%} = \frac{1182600}{100\%};$$

$$\text{в) } W = 1,05^{50} \times 1000000 + \frac{1(1,05^{50}-1)}{5} \times 1000000 = \frac{11480000}{84,56\%} + \frac{209600}{15,44\%} = \frac{13586000}{100\%}.$$

Из расчета видно, что независимо от метода исчисления общих расходов на ремонт, эксплуатацию, реставрацию, реконструкцию и модернизацию памятника при заданных исходных условиях расходы на ремонт, эксплуатацию, реставрацию и пр. памятника (второй член формул (5.6), (5.7) и (5.8)) составляют одинаковую долю от общих расходов. То же самое можно сказать и в отношении первого члена формул (5.6), (5.7) и (5.8), то есть единовременных затрат. Несмотря на одинаковый конечный результат, преимущества каждого метода расчета определяются поставленной целью.

Метод годовой эквивалентной стоимости (первый метод).

Применение: расчет ежегодных эксплуатационных расходов на содержание объекта наследия.

Снижение затрат: достигается использованием экономичных материалов и технологий при реставрационных работах.

2. Метод капитализированной стоимости (второй метод).

Инвестиционная привлекательность: позволяет выбрать оптимальное проектное решение по критерию минимизации совокупных расходов.

Ключевое преимущество: обеспечивает сравнительный анализ полного цикла затрат (ремонт, реставрация, реконструкция, модернизация) через приведение к единому стоимостному показателю.

3. Метод жизненного цикла (LCC, третий метод).

Теоретическая точность: учитывает дисконтированные совокупные издержки (капитальные вложения + эксплуатационные расходы + восстановительные работы) до момента вывода объекта из эксплуатации.

Ограничения: требует долгосрочных прогнозов, подверженных рискам:

- непредсказуемости будущих затрат на содержание;

- изменения ставок дисконтирования.

Для оценки целесообразности реконструкции, модернизации или сноса объектов наследия предпочтение отдается методу приведенной стоимости. Он учитывает текущие издержки без долгосрочного прогнозирования, обеспечивая надежность расчетов в условиях неопределенности.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5

Научно-технические разработки и их внедрение:

1. Разработаны технические условия ТУ 08.11.20.114-002-45264133-25 для гидравлической извести как основного вяжущего при сохранении объектов культурного наследия.

2. Разработана технологическая карта на перекладку стен, включающая:

- усиление перемычек в каменных конструкциях;
- укрепление простенков башенных сооружений;
- локальный ремонт каменных кладок;
- демонтаж каменных стен и перегородок.

Применение: реставрационные проекты на объектах культурного наследия.

3. Промышленная апробация: сухие реставрационные смеси и нормативная база внедрены в производство компаниями ООО «Комплекс» и ООО «Восход-4т» (Приложение 4, Приложение 5) при работах на:

- башенном комплексе - Хуторе Чармаха;
- историческом поселении Нашха (Галанчожский район, Чеченская Республика).

4. Экономическая эффективность: ожидаемый годовой эффект от внедрения универсальных сотовых лесов и ремонтно-реставрационных составов составляет 8,5 млн рублей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Обзор отечественного и зарубежного опыта управления жизненным циклом памятников истории и культуры показал, что исследования в этой области не носят комплексного и системного характера и не направлены на разработку научно обоснованных методических, методологических и системотехнических подходов к управлению жизненным циклом объектов культурного наследия, включая этапы обоснования инвестиций, инженерных изысканий, архитектурно-художественного и организационно-технологического проектирования, ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции, консервации, эксплуатации, включая текущий и капитальный ремонты, вывода из эксплуатации, сноса и утилизации.

2. Выполненная в работе классификация памятников истории и культуры башенного типа позволит систематизировать исследования по повышению устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия в части определения теоретического, методологического и системотехнического подхода к управлению жизненным циклом, проектированию организационных структур организаций и фирм различных организационно-правовых форм, организации ремонтно-реставрационных процессов и систем управления данными процессами, постановке и формализации задач организационного моделирования ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструктивных систем на всех этапах их жизненного цикла.

3. Анализ основных этапов жизненного цикла памятников истории и культуры, выполненный в рамках изучения состояния проблемы, способствует исследованию и формированию способов, методов и средств оценки эффективности управления жизненным циклом объектов культурного наследия башенного типа с применением технологий математического моделирования и системного анализа.

4. Организация и производство работ по сохранению памятников истории и культуры определяют разработку способов организации и

управления жизненным циклом объектов культурного наследия в условиях стесненности и труднодоступности площадок производства ремонтно-восстановительных и реставрационных работ, ограничения доступности ресурсов, а также воздействия различных видов рисков: социально-экономических, технических, экологических др., что, в конечном итоге, ляжет в основу разработки организационных форм управления, надежности и устойчивости организационных структур для всех этапов жизненного цикла объектов культурного наследия башенного типа.

5. Концептуально, на примере предлагаемого единого уникального комплекса памятников истории и культуры башенного типа с рабочим названием «Великая сигнальная система – Мегатуристической комплекс «Древний Кавказ»», разработаны положения и системные механизмы повышения устойчивости жизненного цикла объектов культурного наследия. Обозначены стратегические приоритеты и системные решения взаимосвязанных и взаимозависимых задач в сфере повышения устойчивости жизненного цикла памятников.

6. Разработаны методологические основы оценки технического состояния, включающие два новых понятия:

- физическое старение памятников истории и культуры;
- моральное старение памятников истории и культуры.

Физическое и моральное старение характеризуют устойчивость жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа, т.е. их техническое состояние, необходимое для анализа этапов инвестиций, инженерных изысканий, архитектурно-художественного и организационно-технологического проектирования, ремонта, восстановления, реставрации, реконструкции, модернизации, консервации, эксплуатации, вывода из эксплуатации, сноса и утилизации.

7. Определены основные принципы мониторинга, предполагающее постоянное и планомерное наблюдение за техническим состоянием фонда памятников истории и культуры и сравнение данного уровня с нормативными

требованиями, а также разработку перспективных планов и оптимизационных моделей управления жизненным циклом памятников с целью повышения эффективности их ремонта, восстановления (воссоздания), реставрации, реконструкции и модернизации.

8. Разработаны шкала оценки разрушений, исходя из степени повреждения конструкции и изделий в конструкции и шкала работ по повышению устойчивости жизненного цикла памятника истории и культуры.

9. Совершенствование и разработка вероятностных задач во взаимосвязи с качеством и эффективностью функционирования памятников истории и культуры башенного типа представляет собой актуальную проблему, решение которой важно для инженерной науки в строительно-технической и реконструктивно-реставрационной сфере.

10. Объект культурного наследия переводится из неработоспособного или непредельного состояния в работоспособное состояние путем выполнения мероприятий по жизненным циклам, таких как ремонт, реставрация, реконструкция, модернизация и пр. Перевод объекта культурного наследия из аварийного или предельного состояния в работоспособное состояние осуществляется выполнением ремонтно-восстановительных работ, восстанавливая утерянный ресурс памятника истории и культуры.

11. При разработке программы повышения надежности памятника на основных этапах жизненного цикла необходимо предусмотреть систему сбора и анализа статистических данных об отказе и сбоях при функционировании как самого памятника, так и отдельных его конструктивов.

12. Сложные памятники, возведенные в сейсмической зоне на просадочных грунтах, требуют ввода в практические расчеты надежности специальные показатели типа вероятности наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы за фиксированное календарное время и др., что приводит к возрастанию значения гамма-процентных показателей надежности (ресурса, срока службы, долговечности и пр.), а также назначенных и установленных показателей надежности.

13.Разработанные универсальные сотовые строительные леса относятся к строительству и могут быть использованы на основных этапах жизненного цикла объектов культурного наследия при: эксплуатации, ремонте, воссоздании, реставрации, реконструкции, модернизации, сносе и утилизации памятников истории и культуры на труднодоступных площадках в стесненных условиях.

14.Разработанный состав строительного раствора на основе каустического доломита технологичен, экономичен, позволяет повысить оригинальность памятников истории и культуры при их восстановлении, воссоздании, ремонте, реставрации, реконструкции и модернизации.

15.Разработаны технические условия ТУ 08.11.20.114-001-45264133-25 на гидравлическую известь, предназначенную в качестве основного известкового вяжущего при ремонте, реставрации, реконструкции и модернизации объектов культурного наследия.

16.Разработаны технологические карты на:

- усиление перемычек над проемами в каменных стенах при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия;
- усиление каменных простенков при ремонте, реставрации и реконструкции памятников истории и культуры башенного типа;
- ремонт отдельных участков каменных стен памятников истории и культуры;
- разборку каменных стен и перегородок при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия.

17.Разработанные сухие реставрационные смеси и нормативные документы внедрены в производственную деятельность ООО «Комплекс» и ООО «Восход-4т» при ремонте, восстановлении и реставрации башенного комплекса отселка Чармаха горного поселения Нашаха Галанчожского района Чеченской Республики. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанных ремонтно-реставрационных составов составляет 8,5 млн. рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аджаматов Б.А. Дагестан жемчужина туризма. Памятники истории, археологии и природы. Махачкала, 2023. 223 с.
2. Азиев М.А. Каменная летопись страны вайнахов / В.И. Марковин, Д.Р. Чахкиев. – М.: «Русская книга», 1994. – С. 200
3. Айвазян, С.А. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А.Айвазян, И.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 471с.
4. Алани Ю., Давуд Н., Родригес С. и Давуд Х. Поток информации о строительстве всего жизненного цикла с использованием семантических веб-технологий: пример для инфраструктурных проектов, 37-я конференция CIB W78 по информационным технологиям для строительства (CIB W78), 141 - 155 (2020).
5. Александр Лейден, Петер-Йохен Бранд, Фелипе Сердас, Себастьян Тиде, Кристоф Херрманн. Перенос проектирования жизненного цикла на проектирование поверхностей, Procedia CIRP 90 , 557-562 (2020).
6. Алексеев В. К., Гроздов В. Т., Тарасов В. А. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения. - М.: Стройиздат, 1982.— 78 с.
7. Алиев З.В. Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии: монография/ Aliev Z.V., Babaev Q.R., Ganapathy P.G., Jafarov T.I, и др./под ред. В.Б. Заалишвили, В.И. Голика. – Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН – 2024. – 599с
8. Антал Дер, Леннарт Хингст, Александр Карл, Питер Нихуис, Кристоф Херрманн. Оценка жизненного цикла завода посредством комплексного анализа элементов завода, Procedia CIRP 98 , 418-423 (2021).
9. Арендаторский Е. Долговечность жилых зданий: пер. с польск. – М.: Стройиздат, 1983.
10. Авиром Л.С. Надежность конструкций сборных зданий и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1971. -216 с.

11. Базовский И. Надежность. Теория и практика: Пер. с англ. / Под ред. Б.Р.Левина. – М.: Мир, 1965. – 373 с.
12. Бабкин В.И. Техническое состояние и физический износ жилых зданий // Городское хозяйство Москвы. – 1986. №11.
13. Багаев М.Х. Страницы древней истории Чечни / М.Х.Багаев. – Грозный: ФГУП «ИПК «Грозненский рабочий»», 2012. -224 с.
14. Бойко М. Д. .Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. - Л.: Стройиздат, 1986. - 256с.
15. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Соколовский В.В., Шульженко Н.А. Прикладные модели в управлении организационными системами. – Тула: ВГАСУ, 2002. – 444 с.
16. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. – М.: Советское радио, 1969.
17. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений: Учебное пособие для студ. спец. «Промышленное и гражданское строительство». – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 192с.
18. Берталанфи Л. Общая теория систем: Критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 22-82.
19. Блех Е.М. Экономические проблемы морального износа и модернизации жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1985. – 108 с.
20. Богомолов Ю.М. Информационные технологии в организации строительства. – Минск: БЕЛФОРТ, 2002. – 158 с.
21. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. – 352 с.
22. Батаев, Д.К.-С. Концепция сохранения объектов культурного наследия Северо-Кавказского федерального округа / Д. К.-С. Батаев, С.Г. Шеина, Л.С. Сабитов, К.Х. Ибрагимов, П.Д. Батаева, Я.Д. Батаева. – Научная монография. – Грозный, Махачкала: Издательство АЛЕФ, 2025. – 182 с.
23. Батаев, Д.К.-С. Проектная, научная и инженерно-техническая

подготовка работ по всем этапам жизненного цикла объектов культурного наследия / Д. К.-С. Батаев, П.Д. Батаева, Я.Д. Батаева. – Вестник Евразийской науки. — Т 16. — № 6. — 2024.

24. Батаева, П.Д. Закономерности формообразования памятников истории и культуры башенного типа на стадии проектирования жизненного цикла / П.Д. Батаева, Д.К.-С. Батаев, С.Г. Шеина, Батаева Х.М., Батаева Я.Д. // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – №12. – 2024.

25. Батаева, П.Д. Моделирование технологических и производственных процессов при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия/ Шеина С.Г., Сабитов Л.С., Батаев Д.К.-С., Батаева П.Д., Батаева Я.Д. – // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – №2. – 2025.

26. Батаева, П.Д. Системное моделирование организационно-технологической надежности ремонта, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия/ Шеина С.Г., Сабитов Л.С., Батаев Д.К.-С., Батаева П.Д., Батаева Я.Д. // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – №1. – 2025.

27. Батаева, П.Д. Химическая добавка с антибактериальными свойствами / П.Д. Батаева, С.Г. Шеина, Я.Д. Батаева // Материалы IV Международного научного конгресса «СОВРЕМЕННАЯ НАУКА, ЧЕЛОВЕК И ЦИВИЛИЗАЦИЯ», посвященного 90-летию доктора химических наук, профессора, академика АН ЧР, Заслуженного деятеля науки РФ Хамзата Исмаиловича Ибрагимова. – 2024. – с. 104-108.

28. Батаева, Я.Д. Вектор развития реального сектора экономики южного региона/ Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева // III ежегодная итоговая конференция профессорско-преподавательского состава Чеченского Государственного Университета – 2014. – с. 193-196

29. Батаева, Я.Д. Инвестиционный климат Чеченской Республики. Проблемы и перспективы/ Л.М. Идигова, Р.З. Эскерханов, Я.Д. Батаева, // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития современного общества в эпоху модернизации:

экономика, социология, философия, право» – Саратов – 2013. – с. 21-23

30. Батаева, Я.Д. К проблеме повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры / П.Д. Батаева, С.Г. Шеина, Я.Д. Батаева // Материалы IV Международного научного конгресса «СОВРЕМЕННАЯ НАУКА, ЧЕЛОВЕК И ЦИВИЛИЗАЦИЯ», посвященного 90-летию доктора химических наук, профессора, академика АН ЧР, Заслуженного деятеля науки РФ Хамзата Исмаиловича Ибрагимова. – 2024. – с. 98-104.

31. Батаева, Я.Д. Ключевые показатели экономической активности региональной экономики/ Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь, наука, инновации», г. Грозный, ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова – 2013. – с. 142-145.

32. Батаева, Я.Д. Компетентностный подход к формированию мобильного персонала/ Л.М. Идигова, Т.С. Тасуева, Я.Д. Батаева // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Вопросы образования и науки» – г. Тамбов, –2016. – с. 58-59

33. Батаева, Я.Д. Обеспечение перехода депрессивных российских регионов к устойчивому развитию-основа их социальной стабильности/ Р.З. Эскерханов, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева// Научно-экономический журнал ОАО «ВНИОЭНГ – Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом», – № 12 – 2012. – с. 18-29

34. Батаева, Я.Д. Приоритетные направления повышения эффективности управления предприятиями регионального промышленного комплекса/Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева// Научно-экономический журнал ОАО «ВНИОЭНГ - Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом» – № 12 – 2012. –с. 18-29

35. Батаева, Я.Д. Приоритетные направления повышения эффективности управления предприятиями регионального промышленного комплекса/Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева// Научно-экономический журнал ОАО «ВНИОЭНГ - Проблемы экономики и управления нефтегазовым

комплексом» – 2013. –с. 36-41

36. Батаева, Я.Д. Рационализация разработки региональных целевых программ – инструмента управления социально-экономическим развитием Юга России/ Л.М. Идигова, С.С. Саджидов, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева // Научно-экономический журнал «Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом», – г. Москва, – 2016. – с. 10-13

37. Батаева, Я.Д. Резервы качественных изменений в региональной экономике Чеченской Республики при переходе к устойчивому социально-экономическому развитию/ Л.М. Идигова, А.Д. Батаева, Я.Д. Батаева// Материалы первой международной конференции «Молодежь в формировании инновационной экономики и переход к обществу знаний» – г. Нальчик, – 2012. – с. 124-128

38. Батаева, Я.Д. Ремонтно-реставрационные композиционные вяжущие и составы (концептуальные положения повышения устойчивости жизненного цикла) / П.Д. Батаева, Х.М. Батаева, Я.Д. Батаева // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью» Кубанского государственного технологического университета: сборник научных статей. ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар: 2024. – С. 662-658.

39. Батаева, Я.Д. Ресурсная обеспеченность производства современных вяжущих составов для ремонтного и эксплуатационного жизненных циклов памятников истории и культуры / П.Д. Батаева, Я.Д. Батаева, С.Г. Шеина // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью» Кубанского государственного технологического университета: сборник научных статей. ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар: 2024. – С. 614-626.

40. Батаева, Я.Д. Специфика управления социально-экономическим развитием на уровне региона/ Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы образования и науки» – г. Тамбов – 2016. – с. 69-70

41. Батаева, Я.Д. Специфические особенности государственного управления региональным развитием/ Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева // VI Ежегодная итоговая конференция профессорско-преподавательского состава Чеченского Государственного Университета – Грозный – 2016. – с. 12-18

42. Батаева, Я.Д. Технологии и материалы для оптимизации основных этапов жизненного цикла объектов культурного наследия / П.Д. Батаева, С.Г. Шеина, А. Д. Батаев // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью» Кубанского государственного технологического университета: сборник научных статей. ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар: 2024. – С. 640-648.

43. Батаева, Я.Д. Технологии и материалы для повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры / П.Д. Батаева, Д.К.-С. Батаев, Я.Д. Батаева // Материалы IV Международного научного конгресса «СОВРЕМЕННАЯ НАУКА, ЧЕЛОВЕК И ЦИВИЛИЗАЦИЯ», посвященного 90-летию доктора химических наук, профессора, академика АН ЧР, Заслуженного деятеля науки РФ Хамзата Исмаиловича Ибрагимова. – 2024. – с. 87-98.

44. Батаева, Я.Д. Формирование и развитие инвестиционной инфраструктуры региона/ Л.М. Идигова, Я.Д. Батаева, А.Д. Батаева // Труды КНИИ РАН – № 7 – Грозный – 2014. – с. 187-194

45. Шеина С.Г., Батаев Д.К.-С., Малороев М.М., Батаева П.Д., Батаева Х.М., Батаева Я.Д., Батаев А.Д., Батаева А.Д. Строительный раствор на основе каустического доломита: патент на изобретение RU №2846146 С1, 01.09.2025. Патентообладатель - ФГБУН «Комплексный НИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН», заявка: 2024136138, 03.12.2024

46. Батаева Я.Д. Технологии и материалы и для повышения устойчивости жизненного цикла памятников истории и культуры башенного типа/ С.Г. Шеина, Д.К.-С. Батаев, П.Д. Батаева // монография. – 182 с.

47. Батаева Я.Д. Концепция сохранения объектов культурного наследия Северо-Кавказского федерального округа/ С.Г. Шеина, Сабитов Л.С., Д.К-С. Батаев, Ибрагимов К.Х., П.Д. Батаева, // монография – Махачкала: Издательство АЛЕФ. – 2025. - 72 с.
48. Бурков, В.Н. Теория графов в управлении организационными системами / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. - М.: СИНТЕГ, 2001. - 265 с.
49. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
50. Вольфсон В.Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1995. – 186 с.
51. Вейц Р. И. Предупреждение аварий при строительстве зданий, - Л.: Стройиздат, 1984.— 144 с.
52. Виноградов В.Б. Время, горы, люди. Грозный, Чечено-Ингушское книжное издательство, 1980. 168 с.
53. ВСН 53-91р Госкомархитектуры. «Правила оценки физического износа жилых зданий». – М.: Стройиздат, 1991.
54. ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. – М.: Госкомархитектуры. Стройиздат. 1990. – 31 с.
55. Грабовый П.Г. (под ред.) Экономика и управление недвижимостью. – М.: АСВ, 2000. – 567 с.
56. Грабовой П.Г., Лapidус А.А. Управление строительством. Часть первая: Учебник в 2-х частях и практикум, 4-ое изд. Москва: Изд-во АСВ, Изд-во «Просветитель», 2022. 484 с.
57. Гусаков А. А., Гинзбург А. В. и др. Организационно-технологическая надежность строительства. — М.: SvR-Аргус 1994. — 472 с.

58. Гинзбург А.В., Жавнеров П.Б. Проблемы повышения организационно-технологической надежности строительных организаций / Строительство и архитектура. Вестник ИрГТУ. - №11(94), 2014. – С.156-160.
59. Гусакова Е.А. Жизненный цикл строительного объекта // Системотехника строительства. – М.: АСВ, 2004. – С. 45-47.
60. Гусакова Е.А. Системотехника организации жизненного цикла объекта строительства: Монография. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 350 с.
61. Гусаров В.В., Яковлев В.А., Семин Е.Г. Системный анализ и системное проектирование деятельности: Учеб. пособие – СПб.: СПбГТУ, 1999. – 44 с.
62. Гроздов В. Т., Татаренко В. Н. Реконструкция зданий и сооружений, техническое обследование, испытание и усиление строительных конструкций. - СПб.: ВИТУ, 2004. —244 с.
63. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1972. – 368 с.
64. ГОСТ Р 57274.4-2016. Положение о порядке производства и приемки работ по сохранению объектов культурного наследия. М.: 2019. 7 с.
65. ГОСТ Р 55627-2013. Археологические изыскания в составе работ по реставрации, консервации, ремонту и приспособлению объектов культурного наследия. М.: 2014. 4 с.
66. ГОСТ Р 55528-2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. М.: 2013. 8 с.
67. ГОСТ Р 55945-2014. Общие требования к инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям для сохранения объектов культурного наследия. М.: 2015. 8 с.
68. ГОСТ Р 55935-2013. Состав и порядок разработки научно-проектной документации на выполнение работ по сохранению объектов

культурного наследия – произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства. М.: 2014. 10 с.

69. ГОСТ Р 55935-2013. Порядок организации и проведения работ по сохранению объектов культурного наследия. Произведения монументальной живописи. М.: 2014. 12 с.

70. ГОСТ Р 56891.2-2016. Сохранение объектов культурного наследия. М.: 2016. 11 с.

71. ГОСТ Р 55567-2013. Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. М.: 2014. 32 с.

72. ГОСТ Р 56254-2014. Технический надзор на объектах культурного наследия. М.: 2015. 5 с.

73. Государственная стратегия формирования системы достопримечательных мест, историко-культурных заповедников и музеев-заповедников в Российской Федерации.
<http://mkrf.ru/documents/programs/detail.php?ID=61436>.

74. Государственная программа развития туризма в СКФО до 2035 года. Распоряжение Минкавказ от 07 марта 2019 г. №369-р, г. Пятигорск, 2019. 17 с.

75. Д. Кайриес-Альварадо, К. Муньос-Сангвинетти, А. Мартинес-Рокамора. Вклад стандартов энергоэффективности в сокращение углеродного следа в течение жизненного цикла общественных зданий в Чили, *Energy and Buildings* 236 (2021).

76. Д. Сатола, А. Б. Кристиансен, А. Хулихан - Виберг, А. Густавсен, Т. Ма, Р. З. Ван. Сравнительная оценка жизненного цикла различных конструкций энергоэффективных жилых домов на основе контейнеров в Китае: тематическое исследование, *Building и окружающая среда* 186 (2020).

77. Егорова Н.Е., Кириллова А.Н., Фаерман Е.Ю., Фонтана К.А., Хачатрян С.Р. Имитационная система сбалансированных решений по капитальному ремонту и реконструкции жилого фонда крупного города в

условиях переходного периода// Экономика и математические методы.–М.,1997. Том 33. Вып.1. – 77с.

78. Заренков В.А., Панибратов А.Ю. Современные конструктивные решения, технологии и методы управления в строительстве (отечественный и зарубежный опыт). – М., СПб; Стройиздат СПб, 2000. – 336 с.

79. Захарченко А.М. Обработка информации в комплексных системах мониторинга. – М., 2001.

80. Ильин Н.И., Лукманова И.Г., Немчин А.М. и др. Управление проектами. – СПб.: «Два-Три», 1996. – 610 с.

81. Ильясов Л.Ч. Тени вечности. Чеченцы: материальная культура, история, духовные ценности/ Российская Академия наук, Ин-т этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М., 2021. – С. 173-233.

82. Инструкция по составлению проектно-сметной документации на капитальный ремонт жилых и общественных зданий. МЖКХ РСФСР. – М.:1969. 2-е изд. доп. и испр. – М.: 1974; Изд. 3-е испр. и допол. – М.: Стройиздат,1975.

83. Йи Чжан, Фэн Вэй. «Харизматическое лидерство МСП, жизненный цикл продукции, экологические и финансовые показатели: модель опосредованной модерации, Journal of Cleaner Production 306 (2021).

84. Кавда В.А., Кержинцев С.А. Экологический мониторинг. – М.: Наука, 1983.

85. Каменская М.М. Организация ремонта старой застройки жилых кварталов. – Л.: Стройиздат, 1987.

86. Коротков Д.Ю., Чулков В.О. Переустройство. Организационно-антропотехническая надежность строительства. Серия «Инфографические основы функциональных систем» (ИОФС) / Под ред. В.О. Чулкова.- М.: СВР-АРГУС, 2005.- 304с.

87. Кобычев В.П. Поселение и жилище Северного Кавказа в XIX – XX вв. Издательство «Наука», -М.: 1982. 196 с.
88. Касумов Н.К. Дербент – ворота Кавказа. ООО «Типография №3», г. Дербент, 2007. – 480 с.
89. Круглова Г.А., Купин А.Н. Мониторинг и ресурсосбережение. – Челябинск, 1999.
90. Крупнов Е.И. Средневековая Ингушетия. Издательство «Наука», - М.: 1971. 208 с.
91. Кутуков В.Н. Реконструкция зданий. – М.: Высш. шк, 1981.
92. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. - М.: Наука. 1987. - 303 с.
93. Курочка П.Н. Моделирование задач организационно - технологического проектирования. Воронеж, ВГАСУ, 2004. 204 с.
94. Лакетич С.К., Строкова В.В. Разработка схемы управления жизненным циклом многофункционального высотного здания кинетического типа на стадии эксплуатации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №2. С. 33–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-2-33-42
95. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Модель информационной поддержки жизненного цикла строительных объектов для СС Экодом // Научный Вестник ВГАСУ. Серия: Строительство и архитектура, г. Воронеж. 2021.
96. Лужин О.В., Кунин Ю.С. Современные методы диагностики и мониторинга строительных конструкций зданий и сооружений – памятников архитектуры// Промышленное и гражданское строительство. – 2001. – №9.
97. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. – СПб.: Питер, 2003. – 176с.
98. Лысова А.И., Шарлыгина К.А. Реконструкция зданий. – М.:Стройиздат, 1979.
99. Малте Геблер, Хуан Фелипе Сердас, Себастьян Тиеде , Кристоф Херрманн. Оценка жизненного цикла автомобильного завода: выявление проблем, связанных с обезуглероживанием автомобильного производства -

тематическое исследование, Journal of Cleaner Production 270 (2020).

100. МДС 13-3.2000 «Методические рекомендации по организации и проведению текущего ремонта жилищного фонда всех форм собственности»: Утверждены приказом Минфина РФ от 26 декабря 1994 г., №170.

101. Методические рекомендации по организации и проведению текущего ремонта жилищного фонда всех форм собственности. МДС 13-3.2000. – СПб. , 2000. – 48 с.

102. Марковин В.И. В стране вайнахов: – М., 1969. – С. 79.

103. Мешечек В.В., Ройтман А.Г. Капитальный ремонт, модернизация и реконструкция жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1987 – 241 с.

104. Мильнер Б.З., Евенко Л.И., Рапопорт В.С. Системный подход к организации управления. – М.: Экономика, 1983. – 225 с.

105. Монфред Ю.Б. Использование экспертных оценок при решении экономико-организационных задач. – М.: МИСИ, 1989. – 83 с.

106. Морозов А.С., Ремнева В.В., Тонких Г.П. и др. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. – М., 2001. – 212с.

107. Мищенко А.В., Горбанева Е.П. Применение технологий информационного моделирования на всех этапах проектирования жизненного цикла объекта недвижимости // в сборнике: Организация строительного производства. Материалы II Всероссийской научной конференции. 2020. С. 195–206.

108. Мищенко В.Я. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций / В.Я. Мищенко, П.А. Головинский, Д.А. Драпалюк. - Воронеж: Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. №4, 2009. - 111-117 с.

109. Мищенко В.Я., Горбанева Е.П. Роль реконструкции и модернизации системы обеспечения сохранности и воспроизводства объектов недвижимости // Научный вестник ВГАСУ. Серия: дорожно-транспортное строительство. -

Воронеж, 2004. - №3- С.72-76.

110. Нотенко С.Н., Ройтмаи А.Г., Сокова Е.Я., Стражников А.М., Шарлыгина К.А., Шрейбер А.К., Шрейбер К.А. и др. Техническая эксплуатация жилых зданий: Учебник для строит. вузов / Под ред. А.М. Стражникова. – М.: Высш. шк., 2000. – 429 с.

111. Панибратов Ю.П. Техничко-экономическая оценка проектных решений жилых и общественных зданий. – Л.: Стройиздат, 1983.

112. Перехрестюк В.М. Управление стоимостью объектов недвижимости на различных стадиях их жизненного цикла // Молодой ученый. 2018. № 36 (222). С. 71–73.

113. Порывай Г. А. Роль технической эксплуатации в обеспечении эффективности эксплуатационных мероприятий // Опыт организации технической эксплуатации жилых зданий в Москве. – МДНТП, 1976.

114. Поручение Президента Российской Федерации В.В. Путина. Москва, Кремль, Пр. 1235 от 01. 07.2019 г.

115. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 июля 2009 г. №569. Об утверждении Положения о государственной историко-культурной экспертизе. М.: 2009. 6 с.

116. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июня 2015 г. №646 «Об утверждении критериев отнесения объектов культурного наследия, включенных в единый государственный реестр объектов культурного наследия народов Российской Федерации, к объектам культурного наследия». М.: 2015. 15 с.

117. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 сентября 2015 г. №966. «Об утверждении Положения о предоставлении в аренду неиспользуемых объектов культурного наследия, включенных в единый государственный реестр объектов культурного наследия народов Российской Федерации...». М.: 2015. 25 с.

118. Приказ Минкультуры России от 01.07.2015 г. №1887 «О реализации отдельных положений статьи 47.6 Федерального закона от 25.06.2002 г. №73 –

ФЗ «Об объектах культурного наследия». М.: 2015. 7 с.

119. Поляков Е.В. Реконструкция и ремонт жилых зданий. Пособие для строительных вузов. – М.: Стройиздат, 1972. – 280 с.

120. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Техническая экспертиза жилых зданий старой застройки. – Л.: Стройиздат, 1986.

121. Попов Г.Т., Рабинович Г.М. Организация капитального ремонта жилых

122. Прыкии Б. В. Методы повышения надежности строительных технологических процессов. – Ташкент, 1980.

123. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. №326-р // Стратегия государственной культурной политики на период до 2030 г. Москва, 2016. 55 с.

124. Радченко А.И. Основы государственного и муниципального управления: системный подход. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2001. – 720 с.

125. Рогонский В.Л., Костриц А.И., Шеряков В.Ф. Эксплуатационная надежность зданий. – Л.: Стройиздат, 1983.

126. Ройтман А.Г., Мешечек В.В. Ремонтпригодность жилых зданий // Жилищное строительство. - 1985. - № 7.

127. Ройтман А.Г., Смоленская Н.Г. Ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1978.

128. Ротонский В.А., Костриц А.И., Шеряков В.Ф. Эксплуатационная надежность зданий. – Л.: Стройиздат, 1983.

129. Рыбальский В.И. Системный анализ и целевое управление в строительстве. – М.: Стройиздат, 1980. – 190 с.

130. Рыжиков В.В. Чечено-Ингушская АССР. Грозный, Чечено-Ингушское книжное издательство, 1971. – 220 с.

131. Савицкий В.В. О физическом износе зданий // Жилищное строительство. – 1985. – № 4.

132. Самитов Р.А. Системотехника инженерного мониторинга сложных строительных сооружений. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001. – 248 с.

133.Савин М.А., Белаш В.В. Применение BIM для управления жизненным циклом зданий и сооружений. Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.; 2(2):42–50. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-42-50>

134.Семечкин А.Е. Системный анализ переустройства городских кварталов и комплексов. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2000. – 128 с.

135.Симагин В.Г., Коновалов П.А. Деформации зданий. – М.: Петрозаводск, Карелия, 1978.

136.Синенко С.А., Сапожников В.Н., Гинзбург А.В., Гинзбург В.М., Каган П.Б. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве. – М.: АСВ, 2002. – 240 с.

137.Системный анализ в экономике и организации производства / Под общ.ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 394 с.

138.Суворова М.О., Наумов А.Е., Строкова В.В. совершенствование системы управления жизненным циклом комплексной застройки. Construction and Architecture (2023) Vol. 11. Issue 2 (39) DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-2-3-3

139.Сокова Е.Я., Стражников А.М. Эффективность технического обследования жилищного фонда г. Москвы // Городское хозяйство Москвы,1997.

140.Соколов В.К. Реконструкция жилых зданий. – М.: Московский рабочий, 1982. – 212 с.

141.Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб.: Изд. Дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.

142.Суходоева О. В., Каракозова И. В. Практические аспекты моделирования жизненного цикла объекта культурного наследия // Экономика и управление. 2020. Т. 26. № 12. С. 1342–1348. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-12-1342-1348>

143.Стражников А.М. и др. Техническая эксплуатация жилых зданий: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1999.

144. Субетто А.И. Системотехника и теория циклов. – СПб.: ИЦПКПС, 1994. – 51 с.
145. Соболев В.В. Математическое моделирование и методы оптимизации в проектировании организации строительства / В.В. Соболев. - Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки, 2011, № 1 - С. 106-109.
146. Тарануха Н.Л. Системотехническая оценка проектных решений в строительстве / Монография. – Ижевск: ИжГТУ, 2003. – 212 с.
147. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск, 2016. № 4(688). С. 108
148. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / Под ред. М.Д. Бойко. – М.: Стройиздат, 1993.
149. Томпсон А.Л., Стрикленд А.Дж. Искусство разработки и реализации стратегии. – М.: ЮНИТИ, 1998.
150. Указ Президента Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. №808. «Основы государственной культурной политики». Москва, Кремль, 2014 г.
151. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Воронов В.А. Управление жизненным циклом устойчивого состояния объекта строительства // Эксперт: теория и практика. 2023. № 3 (22). С. 131-137. doi:10.51608/26867818_2023_3_131.
152. Федеральный закон РФ от 26.05.1996 №54-ФЗ // О музейном фонде в Российской Федерации и музеях в Российской Федерации, 1996. 77 с.
153. Федеральный закон РФ от 25.06.2002 №73-ФЗ // Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации, 2002. 104 с.
154. Федеральный закон РФ от 30.12.2009 №384-ФЗ // Технический регламент о безопасности зданий и сооружений, 2013. 33 с.
155. Федеральный закон РФ от 28.06.2014 №172-ФЗ // О стратегическом

планировании в Российской Федерации, 2014. 27 с.

156. Цай Т.Н., Грабовый П.Г., Большаков В.А и др. Организация строительного производства. – М.: АСВ, 1999. – 432 с.

157. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 190 с.

158. Чистов Л.М. Оптимизация управления социально-экономическими системами: В 2-х частях. – СПб, 1999. – 603 с.

159. Чиен -Мин Хуанг, Хосе А. Ромеро, Майкл Остерман, Диганта Дас, Майкл Пехт, «Тенденции жизненного цикла электронных материалов, процессов и компонентов», Надежность микроэлектроники 99 , 262-276 (2019).

160. Шеина С.Г., Дроздов А.Ю., Иванова Н.Н. Обеспечение надежности жилых зданий на основе современных компьютерных технологий // Материалы Международной научно-практической конференции «Бетон и ж/б в третьем тысячелетии». – Туапсе, 2000.

161. Шеина С.Г., Дроздов А.Ю., Иванова Н.Н. Управление техническим состоянием здания на основе его компьютерной модели // Материалы III международной научно-практической конференции «Человек и окружающая природная среда». – Пенза: ПГАСА, 2000.

162. Шеина С.Г., Наливайченко Е.Ю. Мониторинг технического состояния жилищного фонда Ленинского района г.Ростова-на-Дону // Материалы Международной научно-технической конференции «Строительство-2004». – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2004.

163. Шеина С.Г., Концепция стратегического управления техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования // Тезисы доклада в сборнике материалов международной научно-технической конференции «Строительство -2004». – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2004.

164. Шеина С.Г., Наливайченко Е.Ю. Разработка целевых программ по ветхому и аварийному жилью // Материалы Международной научно-практической конференции "Строительство-2006". – Ростов н/Д: РГСУ, 2006.

165. Шепелев Н.П., Шумилов М.С. Реконструкция городской застройки. – М.: Высшая школа, 2000. –271с.
166. Широкова Г.В., Клемина Т.Н., Козырева Т.П. Концепция жизненного цикла в современных организационных и управленческих исследованиях. Общий и стратегический менеджмент. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Выпуск 2, 2007.
167. Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства. Научное издание / К.А.Шрейбер - М.: Издательство АСВ, 2008г. - 296 с.
168. Жюльен Альбертини, Ксавье Файриз , Энтони Террио, Здоровье, богатство и неформальность в течение жизненного цикла, Журнал экономической динамики и контроля 129 (2021).
169. Яблонский А.А. Моделирование систем управления строительными процессами. – М.: АСВ, 1994. – 297с.
170. Arman G., Davar K., Mohammad K. Development of stochastic dynamic Nash game model for reservoir operation. I. The symmetric stochastic model with perfect information // Advances in Water Resources. - 2007. - no. 30. - Pp. 528-542.
171. Avraham Shtub, Jonatan F. Bard, Shlomo Globerson. Project management: engineering, technology and implementation – Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 07632, 1994.
172. Behrens W., Hawranek P.M. Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies, UNIDO Publication, 1991.
173. Baek C.-H., Park S.-H. Changes in renovation policies in the era of sustainability // Energy and Buildings. 2012. Vol. 47. Pp. 485–496.
174. Bayramukov S.H., Dolaeva Z.N. Dynamic programming in optimization of comprehensive housing stock modernization. Magazine of Civil Engineering. 2017. N 8. Pp. 3–19. doi: 10.18720/MCE.76.1.
175. Chen C.L., Sun D.Y., Chang C.Y. Numerical solution of dynamic optimization problems with flexible inequality constraints by iterative dynamic programming // Fuzzy Sets and Systems. 2002. Vol. 127. № 2. Pp. 165–176.

176. Daniel Robey. Designing organization. – Boston: Irwin, 1991.
177. Flint A., Mei C., Murray D., Reid I. A dynamic programming approach to reconstructing building interiors // Lecture Notes in Computer Science. 2010. Vol. 6315 LNCS. P.5. Pp. 394–407.
178. Kerzner H. Project Management: A. Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling. 4th ed. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
179. Kuhn K.D. Network-level infrastructure management using approximate dynamic programming // Journal of Infrastructure Systems. 2010. Vol. 16. № 2. Pp. 103-111.
180. Menassa C.C. Evaluating sustainable retrofits in existing buildings under uncertainty // Energy and Buildings. 2011. Vol. 43. № 12. Pp. 3576–3583.
181. Payne G., Majale M. The urban housing manual. – London: Earthscan, 2004. – 134 p.
182. Price Waterhouse Financial and Cost Management Team, CFO: Architect of Corporation's Future. – New York, John Wiley and Sons, 1997.
183. Project Management Body of Knowledge (PM Bok). Project Management Institute, Drexel Hill, USA, 1987.
184. Payne G., Majale M. The urban housing manual. - London: Earthscan, 2004. - 134 p. Sutherland, W.R.S.; Wolkowicz, H.; Zeidan, V. An explicit linear solution for the quadratic dynamic programming problem. J. Optimization Theory Appl. 58, No.2, 319-330 (1988).
185. Roy B. Problems and Methods with Multiple Objective Functions // Mathematical Programming. 1971. Vol.1. №2. – P. 230-236.
186. Russel D. Archibald. Managing of High-Technology Programs and Projects. 2th ed., John Wiley & Sons Inc., USA, 1992.
187. Tung Au., Thomas P. Au. Engineering Economics for Capital Investment Analysis. Prentice hall, New Jersey, 1992.
188. Yan - Zhe Wang, ShengZhou, Xun – Min Ou. Разработка и применение модели анализа энергопотребления и выбросов CO₂ в Китае, Advances in Climate Change Research 12(2) , 270- 280 (2021).

ПРИЛОЖЕНИЯ



Технологическая карта
на перекладку отдельных участков стен из
дикого камня при ремонте,
восстановлении и реставрации объектов
культурного наследия

Введен впервые:



УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора
ФГБУН КНИИ РАН

 К.Х. Ибрагимов

«30» 12 2024 г.

РАЗРАБОТАНО:

Комплексный научно-исследовательский институт
им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

Исполнители:




П.Д. Батаева

Я.Д. Батаева

Технические условия
гидравлическая известь из мергелистых
горных пород

Введен впервые:

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора
ФГБУН КНИИ РАН

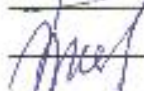



К.Х.Ибрагимов
«31» 07 2025 г.

РАЗРАБОТАНО:

Комплексный научно-исследовательский институт
им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

Исполнители:


Я.Д. Батаева

А.Д. Батаев

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВОСХОД-4Т»

366310, Чеченская Республика, г.Аргун, ул.С.Аксактемирова, 33а, ИНН 2001000134, КПП 200101001
р/с40702810234000001245, к/с 30101810900000000719, БИК 049626719, ОКФС-16, ОКВЭД-1581,
ОКПО-49492925, ОКОПФ-65.

АКТ

о внедрении научно-технических разработок

г. Грозный

12.08.2025 г.

Мы, директор ООО «ВОСХОД-4Т» Т.Г. Батаев и старший научный сотрудник Отдела материаловедения ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук» (КНИИ РАН), Я.Д. Батаева, составили настоящий акт о том, что на объектах культурного наследия Чеченской Республики внедрены и используются научно-технические разработки:

-строительный раствор на основе каустического доломита (заявка на изобретение: RU 2024 136 138(080286), 03.12.2024;

-грузоподъемное устройство (заявка на изобретение: RU 2023 109 913 А, 18.04.2023).

Годовой экономический эффект составил 4500 тыс. руб.

Предложение о дальнейшем использовании научно-технических достижений: разработанные Батаевой Я.Д. изобретения рекомендованы для внедрения на объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) Северо-Кавказского федерального округа при их ремонте, восстановлении, реставрации и реконструкции.

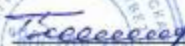
Разработчик

Представитель организации,
внедрившей научно-технические
достижения

Старший научный сотрудник Отдела материаловедения КНИИ РАН, к.т.н. Директор ООО «ВОСХОД-4Т»

 Я.Д. Батаева



 Т.Г. Батаев



ООО «Комплекс»

Строительная испытательная лаборатория (свидетельство об аккредитации № ИЛ/ЛРИ-00639)
364000, ЧР, г. Грозный, ул.Д. Дукуева 111, кв. 67 ИНН / КПП 2016013016 / 201601001
E-mail: argunlab@mail.ru

АКТ

о внедрении научно-технических разработок

г. Грозный

11.08.2025 г.

Мы, заместитель директора ООО «Комплекс» М.С. Исраилова и старший научный сотрудник Отдела материаловедения ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук» (КНИИ РАН) Я.Д. Батаева, составили настоящий акт о том, что на памятниках истории и культуры Чеченской Республики внедрены и используются научно-технические разработки:

- методика формирования стратегических направлений по ремонту, восстановлению, реставрации, реконструкции и модернизации памятников истории и культуры башенного типа с учетом повышения устойчивости их жизненного цикла;
- универсальные сотовые строительные леса;
- состав и технология ремонтно-реставрационной смеси на основе каустического доломита;
- состав и технология ремонтно-реставрационной смеси на основе магнизальных вяжущих веществ.

Для производства вышеперечисленных ремонтно-реставрационных смесей на базе ООО «Комплекс» (ЧР, г. Аргун, ул. Аксактемирова, 33а) смонтирована технологическая линия мощностью 4,0 – 5,0 тонн/сут., которая обеспечивает ремонтно-реставрационные организации сухими смесями в полном объеме и необходимой номенклатуре.

Ожидаемый годовой экономический эффект - 4000 тыс. руб.

Предложение о дальнейшем использовании научно-технических достижений: предложенные научно-технические разработки рекомендованы для практического внедрения на памятниках истории и культуры СКФО при их ремонте, воссоздании, реставрации и реконструкции.

Разработчик

Представитель организации, внедрившей
научно-технические достижения

С.н.с. КНИИ РАН

Заместитель директора
ООО «Комплекс»

Я.Д. Батаева

М.С. Исраилова



ПАСПОРТ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Фотографическое изображение объекта культурного наследия,
за исключением отдельных объектов археологического наследия,
фотографическое изображение которых вносится на основании решения
соответствующего органа охраны объектов культурного наследия



26 . 10 . 2017

Дата съемки (число, месяц, год)

1. Сведения о наименовании объекта культурного наследия

Выявленный объект культурного наследия «Архитектурный комплекс «Бишт»

2. Сведения о времени возникновения или дате создания объекта культурного наследия, датах основных изменений (перестроек) данного объекта и (или) датах связанных с ним исторических событий

Архитектурный комплекс «Бишт» находится в Горной Ингушетии по адресу Республика Ингушетия, Джейрахский муниципальный район, с.п. Гули, с.Бишт. Комплекс селения Бишт являет собой яркий пример ингушских селений эпохи средневековья, состоящий из замковой группы с боевой и жилыми башнями и построек, 7 свободно раскинувшихся на оконечности отрога. Комплекс Бишт является характерным образцом ингушской башенной архитектуры, имеющий ряд индивидуальных особенностей и относительно хорошей сохранностью погребальных сооружений. Комплекс включает в себя 4 боевых

башни, 20 жилых башен, заградительные стены, 14 хозяйственных построек, храм, 9 наземных и 12 подземных и полуподземных склепов. В настоящее время комплекс полностью восстановлен с сохранением первоначальной индивидуальной планировки и включением сохранившейся исторической кладки в воссозданные стены башен, Постройки комплекса датируются XV-XVII вв. Точная датировка башенных сооружений затруднительна, т.к. за исключением единичных случаев, на башнях нет надписей; также отсутствуют достоверные сведения о времени их постройки. Отдельные башенные постройки комплекса Бишт в разное время обследовались Л.П.Семеновым, И.П.Щеблыкиным, Н.Ф.Устольской, Д.Ю.Чаккиевым. Первые археологические работы в районе поселения Бишт были организованы местным краеведом В.И. Долбежеевым. В 1886 г. В.И. Долбежев обнаружил и частично исследовал могильники, содержащие погребения в каменных ящиках. Биштский каменнаящичный могильник располагается на северо-восточной окраине селения Бишт, на горном склоне, в местности Егол-Кас. Ящики имели ориентировку по оси СЗ-ЮВ. В них покоились одиночные костяки, уложенные вытянуто на спине, с вытянутыми вдоль туловища руками, головой на СВ или ЮЗ. В погребениях были обнаружены различные украшения, керамика, ножи и т.п. Е.И. Крупнов на основании анализа бус, зеркал, браслетов и др. предметов суммарно отнес погребения Биштского могильника к XII-XIII вв. Еще один погребальный комплекс состоящий из склепов, и располагавшийся по соседству с вышеотмеченным каменнаящичным некрополем, был открыт и исследован В.И.Долбежеевым в конце XIX в., позднее он эпизодически изучался Л.П. Семеновым и Е. И. Крупновым еще в довоенный период. В могильниках были встречены различные предметы (серьги, подвески, бусы, оружие, керамика и т. д.) погребального инвентаря, датированного XIII-XIV вв. В 1976 г. на территории Бишта археологом М.Б. Мужухоевым было расчищено святилище-здание. В ходе раскопок святилища обнаружены кости домашних животных, наконечники стрел, ножи, пряжки, кольца, серьга. М. Б. Мужухоев отнес этот памятник к XI—XII вв. В 2018 г. археологические разведки на территории Биштского комплекса проводил У.Б. Гадиев. В ходе работ в разведывательных шурфах были выявлены фрагменты керамики, угольные прослойки и другие археологические свидетельства, относящиеся, судя по всему, к позднесредневековой эпохе.

3.Сведения о категории историко-культурного значения объекта культурного наследия

Федерального значения	Регионального значения	Местного (муниципального) значения
	Регионального значения	

4. Сведения о виде объекта культурного наследия

Памятник	Ансамбль	Достопримечательное место
Памятник		

5.Номер и дата принятия органом государственной власти решения о включении объекта культурного наследия в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации

6.Сведения о местонахождении объекта культурного наследия (адрес объекта или при его отсутствии описание местоположения объекта)

Республика Ингушетия, Джейрахский
муниципальный район, с.п. Гули, с. Бишт

7.Сведения о границах территории объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации

Границы территории объекта культурного наследия не утверждены

8.Описание предмета охраны объекта культурного наследия

Не утвержден

9. Сведения о наличии зон охраны данного объекта культурного наследия с указанием номера и даты принятия органом государственной власти акта об утверждении указанных зон либо информация о расположении данного объекта культурного наследия в границах зон охраны иного объекта культурного наследия

Границы территории объекта культурного наследия не утверждены

Всего в паспорте листов

3