

На правах рукописи



Наркевич Михаил Юрьевич

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ  
МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ,  
ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ,  
НА ОСНОВЕ ПРИКЛАДНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Специальность 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.  
Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Магнитогорск – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Научный консультант – доктор технических наук, профессор  
**Логунова Оксана Сергеевна**

Официальные оппоненты: **Антипов Дмитрий Вячеславович**,  
доктор технических наук, доцент,  
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», кафедра «Производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении», заведующий кафедрой  
**Пантюхин Олег Викторович**,  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет», кафедра «Промышленная автоматика и робототехника», профессор  
**Ивахненко Александр Геннадьевич**,  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», кафедра «Машиностроительные технологии и оборудование», профессор

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,  
г. Иркутск

Защита состоится «20» июня 2023 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.324.03 на базе ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по адресу: 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, МГТУ, малый актов. зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и на сайте [www.magtu.ru](http://www.magtu.ru).

Автореферат разослан « » марта 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Полякова Марина Андреевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Metallургическая отрасль является одной из ключевых в промышленности РФ. Более 70% металлургических предприятий (МП) являются градообразующими, их продукция является востребованной конечным потребителем и для последующей переработки на предприятиях машиностроения, металлообработки и др. Обеспечение устойчивого и эффективного развития МП в современных условиях требует решения комплекса задач, направленных на устранение кризисных ситуаций и рисков, реализации мер по своевременной модернизации или замене оборудования и объектов производственной инфраструктуры, а также цифровизации производственной деятельности. Все это невозможно без применения передовых инструментов менеджмента качества. Сложившаяся сегодня парадигма управления в соответствии с базовым стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» предопределяет необходимость одновременного и равноценного развития всех направлений системы менеджмента.

Существующая практика показывает, что часть процессов традиционных систем менеджмента качества (СМК) промышленных предприятий превалируют над другими не менее важными процессами и вызывают существенные противоречия и диссонанс в корпоративной системе.

Указанная проблема возникает из-за отсутствия эффективных инструментов определения причинно-следственных связей для оценки влияния отдельных видов деятельности на качество процессов и продукции, а также границ этого влияния. Следствием этого является отсутствие понимания значимости равноценного и равновесного развития всех направлений СМК.

Производственным процессам в рамках традиционных СМК уделяется наибольшее внимание. Вопросы развития цифровизации решаются в первую очередь в рамках действующего производства.

В действующих СМК ряд процессов имеют существенный прогресс развития, при этом другие остаются слаборазвитыми. Исходя из требований современных стандартов менеджмента, это недопустимо и создает существенные риски в обеспечении качества процессов и продукции.

Выделенное противоречие носит отраслевой характер и требует скорейшего и эффективного решения. Требуется решить отраслевую научно-техническую проблему, связанную с обеспечением опережающего развития СМК МП, эксплуатирующего опасные производственные объекты (ОПО), на основе применения передового инструментария управления, информатизации и цифровизации.

**Степень разработанности темы исследования.** Основополагающий вклад в разработку научных основ оценки и управления качеством внесли отечественные ученые: Азгальдов Г.Г., Гличев А.В., Райхман Э.П., Альперин Л.Н., Бойцов Б.В., Бойцов В.В., Адлер Ю.П., Лапидус В.А. и другие известные ученые. Дальнейшее развитие теории и практики оценки и управления качеством, а также организации производства в различных отраслях промышленности на-

шло отражение в работах Антипова Д.В., Анцева В.Ю., Байбурина А.Х., Горленко О.А., Ивахненко А.Г., Еремина К.И., Ключкова Ю.С., Козловского В.Н., Короткого А.А., Котельникова В.С., Фреймана В.И., Плахотниковой Е.В., Одинокова С.А., Тушавина В.А., Смирновой М.С., Мичурина С.В., Фроловой Е.А., Киселевича В.П., Извекова Ю.А., Айдарова Д.В., Пантюхина О.В., Ивановой В.А., Жетесовой Г.С. и др. Основы по управлению качеством продукции и производственных процессов на предприятиях металлургической отрасли РФ рассмотрены в работах Гуна Г.С., Чукина М.В., Тулупова О.Н., Песина А.М., Мезина И.Ю., Голубчика Э.М., Гуна И.Г., Михайловского И.А., Корчунова А.Г., Салганика В.М., Моллера А.Б., Рубина Г.Ш., Федосеева С.А., Гитмана М.Б., Логуновой О.С. и др. Проблемы развития теории экспертных оценок и алгоритмов их использования представлены в работах Райхмана Э.П., Азгальдова Г.Г., Бешелева С.Д., Гурвича Ф.Г., Тюрина Ю.Н., Литвака Б.Г., Орлова А.И., Дорофеюка А.А., Алескерова Ф.Т., Новикова Д.А., Сидельникова Ю.В., Кемени Дж., Снелла Дж., Саати Т. и других отечественных и зарубежных ученых.

Однако до настоящего времени системными связями процессного управления не охвачен комплекс значимых для производства вопросов, имеющих критически важное значение для обеспечения его устойчивого и эффективного функционирования, связанного с организацией процессов управления на МП, эксплуатирующем ОПО. Вопросы оценки влияния результативности функционирования и целостности связей на процессном уровне остаются слабоизученными. Вопросы цифровизации для рассматриваемого комплекса в рамках СМК не разрабатываются.

**Объектом исследования** является система менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты.

**Предмет исследования** – методология и инструментарий создания и функционирования системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты.

**Целью диссертационного исследования** является совершенствование системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, для обеспечения результативности функционирования процессов управления.

Для достижения цели поставлены **задачи**:

1. Выполнить системный анализ проблемы управления качеством на МП, подходов к созданию и функционированию СМК, учитывающих отраслевые особенности ОПО на основе современных трендов цифровизации.
2. Разработать и реализовать методологию и инструментарий создания и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО.
3. Разработать комплексный инструментарий для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО МП на основе трехуровневого метода интегративной оценки качества.
4. Спроектировать и реализовать цифровой инструментарий для монито-

ринга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО МП на основе прикладной цифровой платформы.

5. Выполнить опробование разработанной методологии и инструментария по созданию и функционированию СМК МП, эксплуатирующего ОПО.

**Научная новизна** работы заключается в создании методологии и комплексного научно-технического инструментария разработки и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, направленных на повышение результативности функционирования процессов управления качеством на МП, и включает следующее:

1. Разработана контекстная модель, развивающая методологию создания СМК МП, эксплуатирующего ОПО, реализация которой позволяет обеспечить результативность функционирования процессов управления качеством на МП, отличающаяся от ранее известных тем, что выявляет ключевые системные аспекты и факторы, учитывающие специфику ОПО.

2. Предложен комплекс моделей, включающий двухуровневую структурную **модель** методологии и инструментария создания и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, основанную на цикле PDCA, отличающаяся от ранее известных наличием уровней «создание СМК МП, эксплуатирующего ОПО» и «обеспечение результативности функционирования процессов СМК МП, эксплуатирующего ОПО» с возможностью обеспечения опережающего развития процессов СМК; **модель** СМК МП, эксплуатирующего ОПО, позволяющую рассматривать элементы ОПО как ключевые элементы инфраструктуры, оказывающие влияние на качество продукции, и отличающаяся от существующих моделей тем, что в ее состав включены процессы управления качеством элементов ОПО.

3. Разработана адаптивная процессная модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО, отличающаяся от ранее известных тем, что в неё встроены процессы управления промышленной безопасностью и процессы обеспечения безопасной инфраструктурой и производственной средой, реализация которой позволяет управлять процессами СМК с возможностью адаптации к изменению требований законодательства и заказчика.

4. Разработана методика проведения экспериментальных исследований для оценки качества функционирования элементов ОПО, включающая эксперимент-обследование, специализированный эксперимент-преобразование и модульный вычислительный эксперимент, отличающаяся последовательным наращиванием сведений о техническом состоянии элементов ОПО и формированием визуально оцениваемых базовых и цифровых показателей качества. Методика проведения экспериментальных исследований для оценки качества функционирования элементов ОПО позволила получить информационное поле для генерации новых знаний на основе консолидированных данных, которое ранее не рассматривалось в традиционных нормативных документах.

5. Предложен метод интегративной оценки качества функционирования элементов ОПО, содержащий математический аппарат для идентификации па-

раметров функций, и отличающийся от известных введением лингвистической переменной, встраиванием в систему оценки групп базовых и цифровых показателей качества, а также реализацией принципа суперпозиции и квалиметрического подхода при получении конечного результата, обеспечивающего представление оценки качества с учетом приоритетности факторов функционирования элементов ОПО.

6. Разработан комплексный цифровой инструментарий управления качеством функционирования элементов ОПО, включающий структуру прикладной цифровой платформы, программные модули и информационную модель оценки состояния и динамики качества функционирования элементов ОПО, алгоритмы анализа качества функционирования элементов ОПО, отличающийся от существующих тем, что позволяет создавать цифровую тень элементов ОПО и выполнять накопление ретроспективной информации об изменении технического состояния объекта.

7. Разработана математическая модель, позволяющая определить рациональную траекторию движения беспилотных летательных аппаратов для повышения достоверности информации, получаемой при обследовании элементов ОПО. Модель отличается возможностью позиционирования беспилотных летательных аппаратов с использованием специальной масштабной сетки, построенной с учетом характеристик исследуемого объекта и особенностей технических средств сбора информации.

**Практическая значимость** работы состоит в следующем:

1. Создан комплекс прикладного инструментария, направленного на повышение качества процесса управления на МП, эксплуатирующем ОПО, и обеспечивающего развитие методов и подходов мониторинга, оценки и управления качеством функционирования элементов ОПО с учетом достижений научно-технического прогресса в области цифровизации процессов.

2. Разработан механизм трансформации существующей подсистемы экспертной оценки качества элементов ОПО в системы производственного контроля на МП, позволяющий использовать новые инструменты прикладной цифровой платформы, сохранять и накапливать опыт выполненных экспертных оценок и снизить влияние человеческого фактора.

3. Установлены функции принадлежности объекта заданному техническому состоянию по результатам экспертизы элементов ОПО на основе показателей, полученных традиционными методами (базовые показатели) и новыми цифровыми методами (цифровые показатели).

4. Разработаны алгоритмы программных модулей для новых инструментов прикладной цифровой платформы, позволяющие реализовать функции предварительной обработки изображений, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов, формирования карты разрушения поверхности элементов ОПО, сравнения состояний элементов ОПО в динамике на основе набора цифровых теней.

5. Спроектированы и разработаны программные средства поддержки принятия решений при оценке технического состояния элементов ОПО.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных в работе задач использовались принципы всеобщего управления качеством (TQM), цикл качества PDCA Э. Деминга, методы теории систем и системного анализа, статистические методы управления качеством, квалиметрический подход, теория вероятностей, методы математического моделирования.

Теоретические и экспериментальные исследования основываются на использовании методов системного анализа при построении схем декомпозиции экспертизы с учетом информационных потоков, методов планирования эксперимента при проведении трехуровневого экспериментального исследования, методов квалиметрии при оценке показателей качества элементов ОПО, теории принятия решений при построении трехуровневого метода интегративной оценки качества элементов ОПО, методов математического моделирования при построении функций принадлежности объекта к заданному техническому состоянию, методов обработки изображений при разработке алгоритмов и программных модулей при создании прикладной цифровой платформы.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Расширенная контекстная модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО, построенная по результатам анализа ключевых системных аспектов, внешних и внутренних факторов, обеспечивающих опережающее развитие системы менеджмента промышленных предприятий, как важнейшего компонента – обеспечение промышленной безопасности.

2. Методология разработки, внедрения и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, включающая комплекс моделей, методик и метода интегративной оценки качества элементов ОПО.

3. Трехуровневый инструментарий управления качеством функционирования элементов ОПО, построенный на прикладной цифровой платформе с использованием современных программных и технических средств, включая БПЛА, для сбора визуальной информации.

4. Результаты опробования методологии и комплексного инструментария для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО МП.

**Соответствие паспорту специальности.** Проблематика, рассмотренная в диссертации, соответствует паспорту научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства, а именно: п. 1 «Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства»; п. 4 «Инновации при разработке, развитии, цифровизации систем менеджмента качества (СМК) предприятий и организаций»; п. 11 «Создание и развитие систем менеджмента, в том числе интегрированных (ИСМ) на основе ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и смежных отраслевых международных и отечественных стандартов»; п. 24 «Разработка и совершен-

ствование методов и моделей организации производства для решения задач пожарной, промышленной и экологической безопасности».

**Личный вклад автора.** Все результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Под научным руководством автора (или при его преобладающем участии) разработаны структурная модель методологии и инструментария создания и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО. Направления исследований диссертационной работы, формулировки проблем и постановки задач обсуждались с научным консультантом – д.т.н., профессором О.С. Логуновой, что отражено в совместных публикациях, в которых основные результаты принадлежат диссертанту. Личный вклад автора заключается в формулировании цели и задач диссертационного исследования, личном участии в проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновании методологии разработки системы управления качеством функционирования ОПО, разработке модели СМК МП, эксплуатирующего ОПО, трехуровневого комплекса инструментов управления качеством функционирования элементов ОПО, адаптации процессного подхода к экспертизе элементов ОПО, разработке метода и групп количественных критериев для определения интегративной оценки качества функционирования элементов ОПО, разработке механизма трансформации инструментов экспертизы качества функционирования элементов ОПО.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Обоснованность полученных результатов подтверждается корректным применением математического и статистического аппарата, математическим моделированием, логичностью формулировок, отсутствием противоречий с результатами, полученными другими исследователями. Достоверность подтверждается использованием современных методов принятия решений, представлений об оценке качества технических систем, а также широким обсуждением результатов диссертации на национальных и международных конференциях, семинарах.

Основные полученные результаты материалов диссертации представлены и апробированы на конференциях: Международная научно-практическая конференция «Архитектура. Строительство. Образование» (Магнитогорск, 2012 г.), Международная научно-техническая конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (Магнитогорск, 2014 г., 2017-2020 гг., 2022 г.), VII Международный симпозиум «Актуальные проблемы вычислительного моделирования в строительстве» (Новосибирск, 2018 г.), Международная научно-техническая конференция «Строительство, архитектура и техносферная безопасность» (Челябинск, 2019 г.), VI Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур» (Екатеринбург, 2020 г.), Всероссийская научно-практическая конференция «Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций» (Магнитогорск, 2021 г.), Международная конференция «2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021 (ICECAE 2021)» (Ташкент, 2021 г.), Национальная научная школа-конференция «Современные достиже-



ния университетских научных школ» (Магнитогорск, 2021 г.), X Всероссийская конференция «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 2021 г.), Международная научно-практическая конференция «Экологические проблемы продовольственной безопасности» (Воронеж, 2022 г.).

**Внедрение результатов диссертационного исследования.** Результаты диссертационного исследования внедрены на АО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», АО НПО «БелМаг», НИИ «Промбезопасность» ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», ООО «МЕТАЛЛУРГМАШ Инжиниринг», ООО «ТехноГарант»; использованы при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка и применение методик контроля территорий, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)» по договору № 247715 от 05.07.2021 г. между ПАО «ММК» и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», государственного задания Минобрнауки РФ по проекту 7.3379.2017/ПЧ «Разработка и исследование усовершенствованной конструкции сжатых композитных элементов с железобетонным ядром и стальной или фиброполимерной оболочкой» (2017-2019 гг.), используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» при выполнении научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ обучающимися по направлениям: 08.03.01, 08.04.01, 08.05.01 – Строительство (уровень бакалавриата, магистратуры и специалитета); 09.03.01, 09.04.01 и 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата, магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации). При внедрении результатов научной работы в практику предприятий металлургии и машиностроения получен экономический эффект в размере до 16,0 млн руб. включительно в ценах 2022 г.

**Публикации.** Основное содержание диссертации отражено в 53 публикациях, из них 12 статей в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, девять статей проиндексированы в наукометрических базах Scopus и Web of Science, в других изданиях – 14 работ. Получено 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, один патент на полезную модель. Опубликовано две монографии.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 388 наименований, 8 приложений на 45 страницах, изложена на 332 страницах машинописного текста, включает 110 рисунков, 61 таблицу.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** раскрыта актуальность рассматриваемой научной проблемы по теме диссертационной работы, приведена степень разработанности выбранного направления, сформулированы цель и задачи исследования, научные положения, выносимые на защиту, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, логическая структура диссертации, представлен личный вклад автора.

**В первой главе** рассматриваются теоретические подходы к созданию СМК МП, эксплуатирующего ОПО.

Актуальность проблемы создания СМК МП, эксплуатирующего ОПО, определяется необходимостью преодоления существующих недостатков СМК металлургических производств: обеспечение процессного управления в рамках всех видов деятельности в соответствии с действующим стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015; рост ресурсного обеспечения, связанного с развитием информатизации и цифровизации процессов; необходимость совершенствования системы корпоративных индикаторов качества всей совокупности процессов; опережающее развитие системы менеджмента обеспечения промышленной безопасности.

На основе научного анализа установлено, что техногенные аварии составляют около трети (36,4%) всех зарегистрированных происшествий с 1900 г. по настоящее время (рисунок 1).

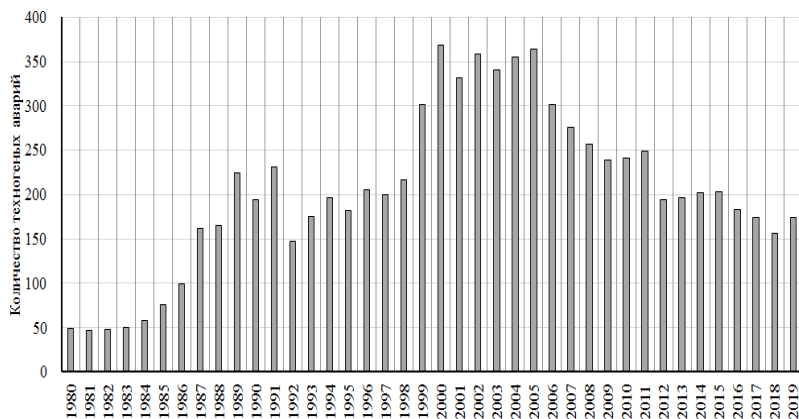


Рисунок 1 – Временной ряд возникновения техногенных аварий

В Российской Федерации территориальное распределение предприятий, эксплуатирующих ОПО, является неравномерным. Это объясняется концентрацией крупных промышленных предприятий на территории Уральского федерального округа (УФО) (рисунок 2).

Основным источником техногенных аварий являются ОПО, появление которых является неизбежным следствием развития промышленности. ОПО являются неотъемлемой частью предприятий металлургической отрасли.

Схема классификации нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные требования в области промышленной безопасности на территории Российской Федерации, по приоритетности представлена на рисунке 3.

Основные требования к предприятию, эксплуатирующему ОПО, схематично представлены на рисунке 4. На рисунке 4 введены обозначения: ПБ – промышленная безопасность; ЗиС – здания и сооружения; ТУ – технические устройства; СУПБ – система управления промышленной безопасностью.

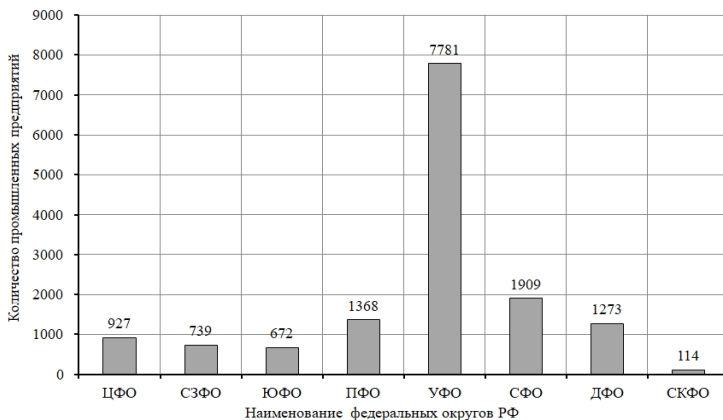


Рисунок 2 – Распределение предприятий, эксплуатирующих ОПО по территории РФ

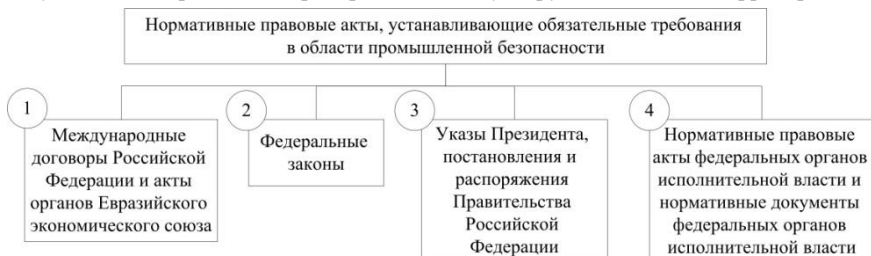


Рисунок 3 – Схема классификации нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные требования в области промышленной безопасности, по приоритетности



Рисунок 4 – Основные требования к МП, эксплуатирующему ОПО

Законодательством РФ установлена обязанность предприятия, эксплуатирующего ОПО, выполнять экспертизу соответствия обязательным требованиям стандартов путем организации и проведения производственного контроля и периодической экспертизы промышленной безопасности элементов ОПО.

Качество экспертизы элементов ОПО является промежуточным звеном между вызовом со стороны государства, рынка и результатом деятельности предприятия (рисунок 5).



Рисунок 5 – Схема взаимодействия качества экспертизы с вызовом со стороны государства, рынка и результатом деятельности предприятия

На рисунке 5 введены обозначения: *Inf1.2* – требования к изменению экспертизы; *Inf2.3* – уточненная информация об объекте оценки; *Inf3.2* – количество аварий на ОПО; *Inf2.1* – развитие подсистемы экспертной оценки.

Для обеспечения результативности и эффективности СМК необходимо выявлять и управлять ключевыми системными аспектами и факторами, учитывающими специфику ОПО и влияющими на обеспечение качества на ОПО. Элементом СМК, позволяющим выявлять ключевые системные аспекты и факторы, является контекст организации (рисунок 6).

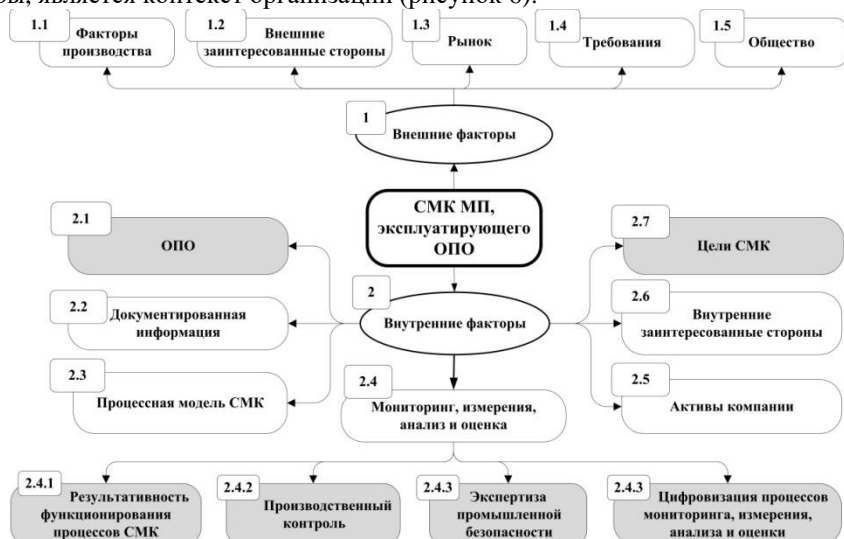


Рисунок 6 – Фрагмент контекстной модели СМК МП, эксплуатирующего ОПО

Анализ информационных потоков в функциональной модели традиционной технологии экспертизы элементов ОПО показал необходимость разработки и применения методов и средств прикладной цифровой платформы (ПЦП). Недостаточный уровень развития методов и средств новых цифровых платформ при экспертизе элементов ОПО потребовал разработки новых *информационных потоков функциональной модели*, отличительной особенностью которой является консолидация трех видов информации: аналитической, экспертной и информации из видеопотока, полученного с использованием технических средств (рисунок 7). На рисунке 7 введены обозначения: *Inf2.14* – аналитическая информация об эталонном состоянии объекта на основе проектной документации; *Inf2.24* – экспертная информация о текущем состоянии; *Inf2.34* – информация из видеопотока в динамике по серии исследований.

Проведенный теоретико-информационный анализ показал необходимость совершенствования подсистемы экспертной оценки качества (ПЭОК) элементов ОПО, функционирующих в условиях МП. Совершенствованию ПЭОК элементов ОПО способствуют: создание многоуровневой системы количественной оценки качества, включающей единичные и интегративную оценки, обеспечивающие характеристику базовых и цифровых показателей исследуемого объекта; привлечение новых цифровых инструментов для уточнения результатов экспертной оценки и построение правил принятия решений при формировании выводов о результатах оценки качества.

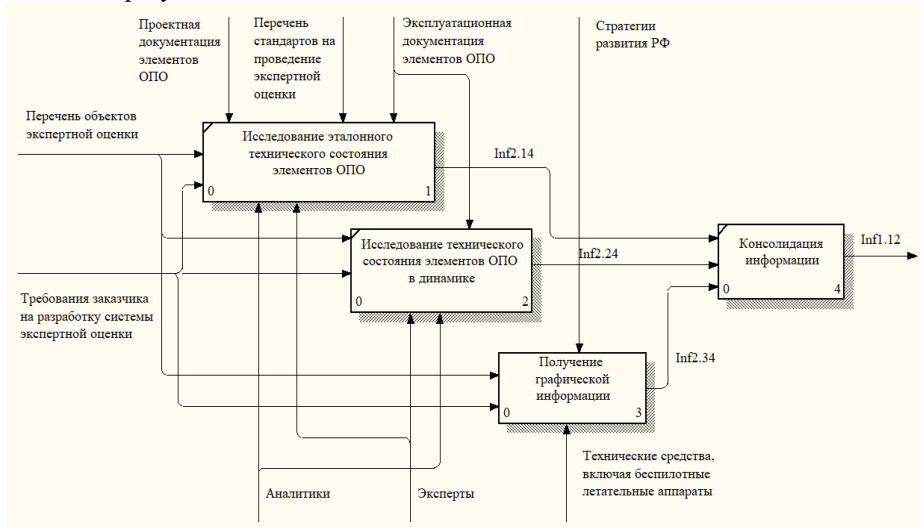


Рисунок 7 – Диаграмма декомпозиции А3 для блока «Определение перечня информации»

Во второй главе предложена методология разработки и внедрения СМК МП, эксплуатирующего ОПО. Методология представляет собой совокупность моделей, правил, методов и методик управления качеством, объединенных системными принципами в СМК, учитывающих специфику ОПО и позволяющих обеспечивать повышение качества выпускаемой продукции.

Структурная модель методологии разработки и внедрения СМК МП, эксплуатирующего ОПО, приведена на рисунке 8. Первый (верхний) уровень методологии разработки и внедрения СМК МП, эксплуатирующего ОПО, основывается на цикле PDCA и описывает элементы создания СМК, учитывающие требования всех заинтересованных сторон, в том числе законодательные требования к ОПО, внедрение в деятельность организации, организацию процессов мониторинга, анализа и оценки результативности функционирования СМК, включая мониторинг, анализ и оценку целей в области качества продукции, показателей результативности функционирования, показателей качества и результативности функционирования элементов ОПО.

## Уровень «Создание СМК МП, эксплуатирующего ОПО»

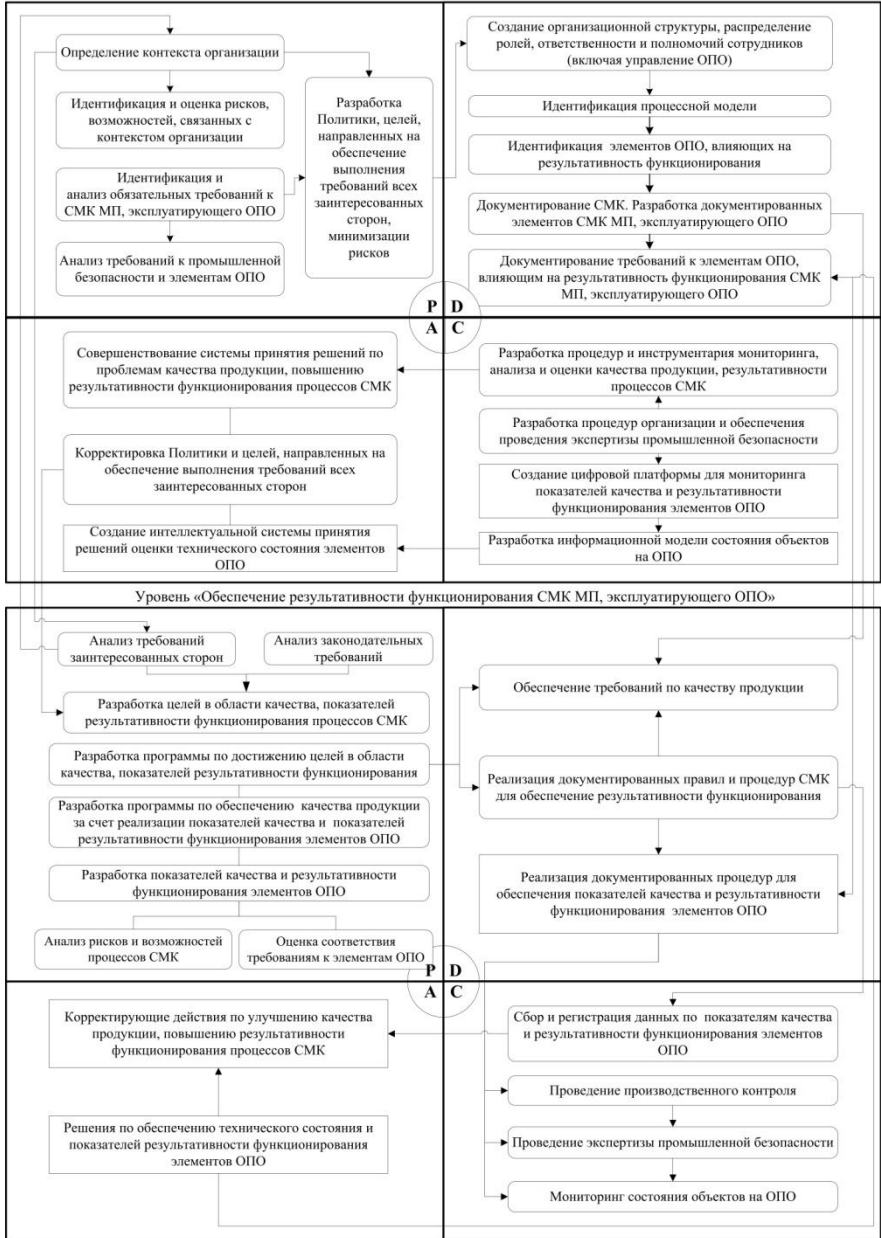


Рисунок 8 – Структурная модель методологии разработки и внедрения СМК МП, эксплуатирующего ОПО

Второй (нижний) уровень методологии разработки и внедрения СМК МП, эксплуатирующего ОПО, также основывается на цикле PDCA и описывает элементы организации функционирования СМК, включая планирование, реализацию, мониторинг, анализ и оценку результативности функционирования, улучшения.

Результативность процессов СМК МП, эксплуатирующего ОПО, достигается на основе синтеза СМК, построенной с использованием методологии и инструментария управления качеством, включающим мониторинг, контроль и оценку элементов ОПО.

Методология построения СМК МП, эксплуатирующего ОПО, разбивается на две части:

1) применение научно обоснованных методов и методик, алгоритмов, процессов и процедур создания СМК МП, эксплуатирующего ОПО;

2) применение научно обоснованных методов и методик, алгоритмов, процессов и процедур обеспечения функционирования, результативности и эффективности и совершенствование СМК МП, эксплуатирующего ОПО.

Каждая из частей направлена на эффективное достижение единой цели – обеспечение результативности функционирования СМК и ее процессов, обе части функционируют неразрывно.

Основой СМК МП, эксплуатирующего ОПО, является процессная модель, в которой выделен ключевой процесс «Управление качеством элементов ОПО». Важным аспектом при управлении процессом является его идентификация: определение границ процесса, определение целей и целевых показателей процесса, оценка и анализ рисков процесса, перечень процедур, входящих в процесс. Для процессной модели СМК МП, эксплуатирующего ОПО, приведенной на рисунке 9, к наиболее важным процессам, с точки зрения управления ОПО, отнесены управление организацией в части СМК и управление промышленной безопасностью.

Каждый из процессов системы направлен на реализацию конкретных пунктов ГОСТ Р ИСО 9001. Для блока управления промышленной безопасностью и охраной труда определены пункты:

– 5: лидерство и приверженность, политика, функции, ответственность и полномочия в организации;

– 7.1.3: создание и поддержание инфраструктуры, необходимой для функционирования ее процессов с целью достижения соответствия продукции и услуг;

– 7.1.5: ресурсы для мониторинга и измерения, согласно которому организация должна определить и предоставить ресурсы, необходимые для обеспечения имеющих законную силу и надежность результатов в тех случаях, когда мониторинг и измерения используются для подтверждения соответствия продукции и услуг требованиям;

– 8.4: управление процессами, продукцией и услугами, поставляемыми внешними поставщиками.

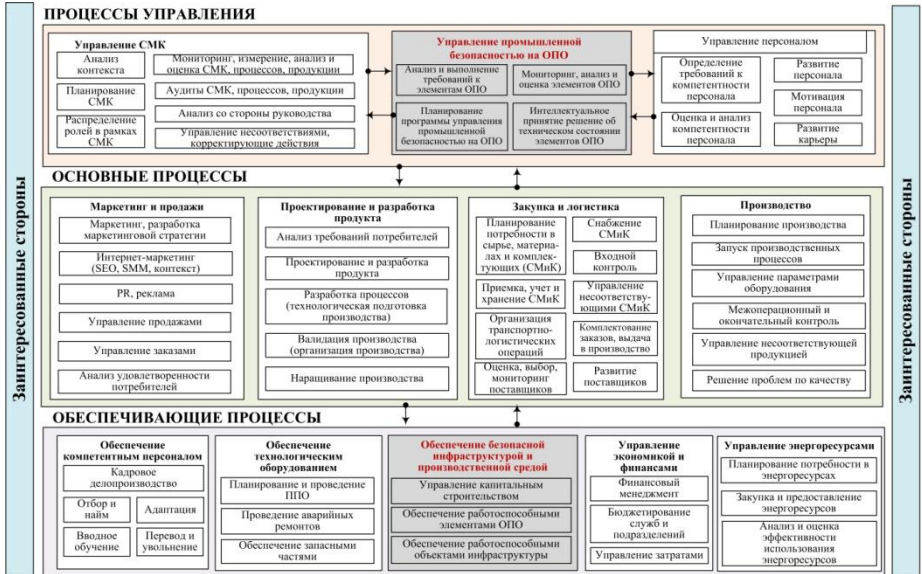


Рисунок 9 – Процессная модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО

На рисунке 10 приведена схема цикла PDCA для процесса экспертизы промышленной безопасности элементов ОПО, соответствующий перечень обозначений для схемы цикла PDCA представлен в таблице 1.



Рисунок 10 – Схема цикла PDCA для процесса экспертизы промышленной безопасности элементов ОПО

производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

В рамках ключевого процесса «Управление качеством функционирования элементов ОПО» выполняются документированные организационно-управленческие процедуры: разработка целей в области качества функционирования элементов ОПО; мониторинг показателей качества функционирования элементов ОПО; внутренние аудиты процесса СМК МП, эксплуатирующего ОПО; экспертиза элементов ОПО;



Таблица 1 – Перечень обозначений для схемы цикла PDCA на рисунке 10

Обознач.	Описание
1	Планирование экспертизы осуществляется исходя из требований федеральных норм и правил, предписаний контролирующих органов или желания организации, эксплуатирующей ОПО
2	Особенностью проведения экспертизы элементов ОПО является высокий уровень репутационной составляющей как для экспертной организации, так и для МП. Согласно требованиям допускается подписание заключения экспертизы промышленной безопасности одним экспертом, аттестованным в определенной области аттестации. Поэтому устанавливать традиционными методами компетентность и согласованность группы экспертов не имеет смысла
3	Результатом проведения экспертизы является заключение в письменной или электронной форме, подписанное руководителем экспертной организации и экспертом (экспертами), участвовавшим (участвовавшими) в проведении экспертизы
4	Указываются мероприятия, компенсирующие несоответствия, после проведения которых или при выполнении которых в процессе применения технические устройства, здания, сооружения будут соответствовать требованиям промышленной безопасности

Классификация результативности функционирования процесса управления качеством функционирования элементов ОПО приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели результативности функционирования процесса

Показатель результативности функционирования процесса	Наименование целевого показателя
Показатели результативности процесса управления качеством функционирования элементов ОПО	«Аварии и инциденты на ОПО»
	«Критические замечания по результатам проведения экспертиз промышленной безопасности»
	«Несоответствия, выявленные в ходе проведения экспертиз промышленной безопасности»
Показатели результативности управления процессом функционирования элементов ОПО	«Выполнение графиков экспертиз промышленной безопасности»
	«Выполнение графиков обучения и аттестации работников, осуществляющих профессиональную деятельность, связанную с эксплуатацией ОПО»
	«Затраты на процесс управления качеством функционирования элементов ОПО»
	«Своевременность подготовки отчетной документации»

Для формализации данной информации используется документированный элемент СМК МП, эксплуатирующего ОПО, – карта процесса (КП). КП – документированный элемент, необходимый для идентификации значимых факторов и элементов, входящих в границы конкретного процесса СМК. Структура КП включает диаграмму описания границ процесса «SIPOC», описывающую поставщиков процесса, входы процесса, перечень документированных процедур, реализуемых в рамках процесса; характеристику процесса, содержащую цели и целевые показатели процесса. Диаграмма описания границ процесса «SIPOC» приведена на рисунке 11.

Разработана модель комплексного управления ОПО (рисунок 12). Модель основывается на цикле PDCA и затрагивает все этапы комплексного управления, начиная от планирования деятельности и заканчивая совершенствованием.

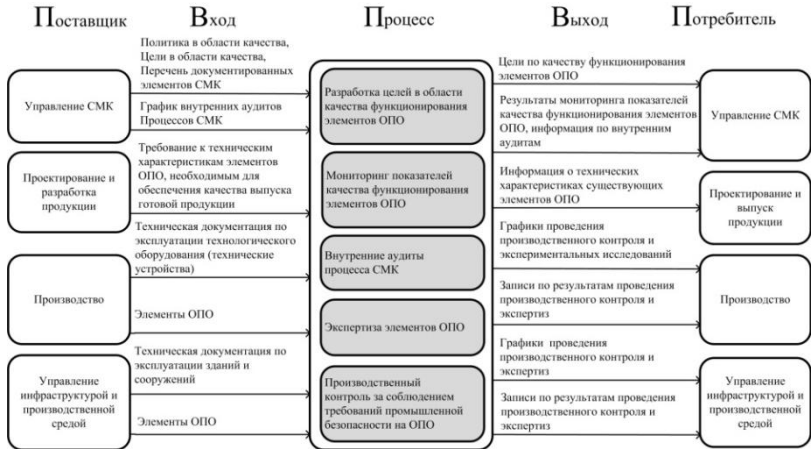


Рисунок 11 – Диаграмма описания границ процесса «СИРОС»

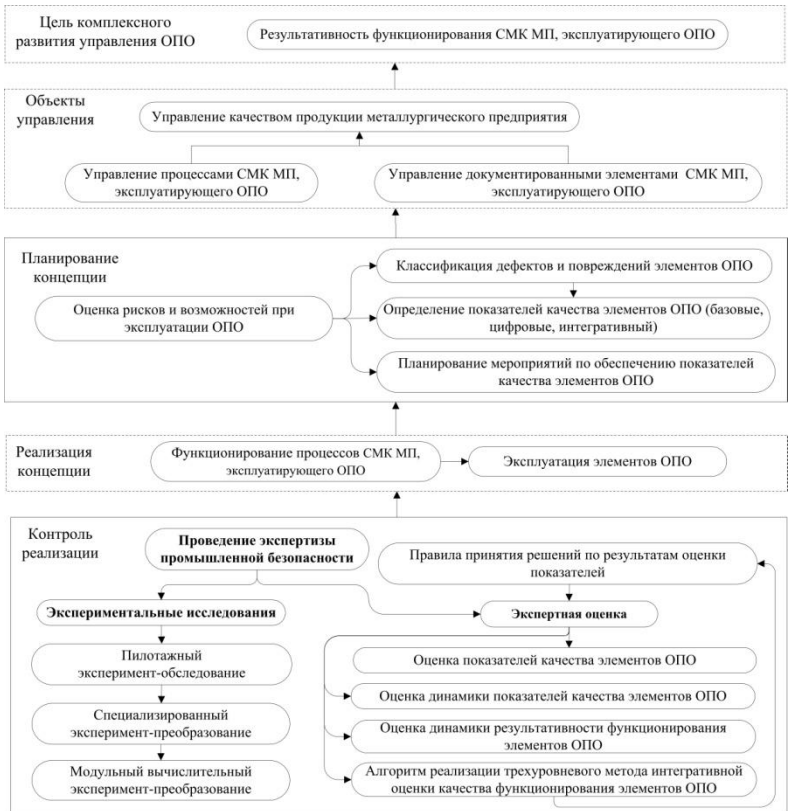


Рисунок 12 – Модель комплексного управления ОПО

Объектами управления в рамках модели является продукция МП, качество которой, помимо организационных, технологических и технических методов мониторинга и контроля, обеспечивается еще и за счет управления процессами SMK МП, эксплуатирующего ОПО, и управления документированными элементами SMK. Процессы SMK МП, эксплуатирующего ОПО, составляют ядро модели SMK и объединены в процессы управления, основные и обеспечивающие процессы процессной модели. Документированные элементы объединены в совокупность, обеспечивающие выполнение Политики в области качества, достижение целей в области качества продукции и цели в области результативности функционирования процессов.

Для комплексного управления SMK МП, эксплуатирующего ОПО, реализованы последовательные процедуры планирования, реализации и контроля.

Для перехода ПЭОК элементов ОПО к функционированию в новых условиях необходимо обеспечить специалистов по аналитике информацией трех видов: аналитической, экспертной и информацией из видеопотока, полученного с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Консолидация указанных видов информации требует применения новых инструментов ПЦП.

Введение новых инструментов ПЦП для экспертной оценки качества элементов ОПО вызывает рассогласование между функциями системы в новых и существующих условиях. В качестве рассогласования систем управления исходного и нового состояния принимается отсутствие новых элементов и их свойств в соответствии с требованиями ПЦП. Механизм трансформации ПЭОК функционирования элементов ОПО устраняет рассогласования (рисунок 13).



Рисунок 13 – Схема механизма трансформации ПЭОК

Таблица 3 – Перечень устраняемых рассогласований в ходе трансформации ПЭОК

Обозначение	Уровень	Содержание
$\varepsilon_1$	Системы	Появление новых инструментов сбора и обработки информации о техническом состоянии элементов ОПО
$\varepsilon_2$	Цели	Рассогласование в требованиях к качеству экспертной оценки на основе введения новых цифровых показателей качества
$\varepsilon_{31}$	Инструменты	Изменение уровня требований к компетенции персонала по уровням: $R$ – уровень исследователя ( <i>Researcher</i> ); $T$ – уровень функционального технолога ( <i>Technologist</i> ); $E$ – уровень эксперта ( <i>Expert</i> )
$\varepsilon_{32}$	Инструменты	Требования к аппаратному обеспечению, способному обрабатывать большие фото- и видеопотоки ( <i>Big Data</i> )
$\varepsilon_{33}$	Инструменты	Требования к функционалу персонала по уровням $R, T, E$

В третьей главе приведен комплексный инструментарий оценки, мониторинга и управления качеством функционирования элементов ОПО.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований для оценки качества функционирования элементов ОПО, включающая эксперимент-обследование, специализированный эксперимент-преобразование и модульный вычислительный эксперимент, отличающаяся последовательным наращиванием сведений о техническом состоянии элементов ОПО и формированием визуально оцениваемых базовых и цифровых показателей качества (рисунок 14). Методика проведения экспериментальных исследований для оценки качества функционирования элементов ОПО

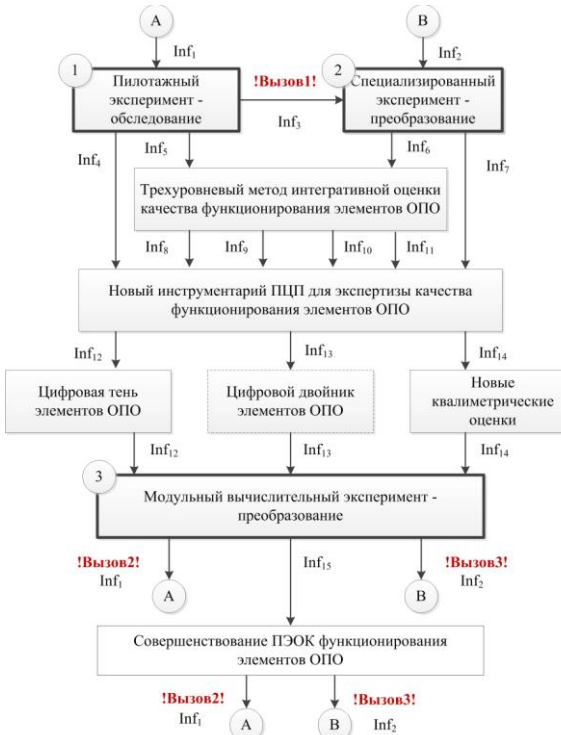


Рисунок 14 – Методика проведения экспериментальных исследований для оценки качества функционирования элементов ОПО

позволила получить новое информационное поле для генерации новых знаний на основе консолидированных данных, которые ранее не рассматривались в нормативных документах. В методике взаимосвязи компонент определено 15 информационных потоков, определяющих эмпирическую основу для обоснования полученных научно-практических результатов.

На рисунке 14 введены обозначения:  $Inf_1$  – требования к экспертизе элементов ОПО в рамках традиционной технологии;  $Inf_2$  – требования к точности информации о состоянии элементов ОПО с учетом цифровизации экспертизы;  $Inf_3$  – недостаток информации о свойствах основного материала конструкций элементов ОПО на стадии эксплуатации их жизненного цикла;  $Inf_4$  – результаты обследования текущего состояния элементов ОПО с помощью технических средств, включая БПЛА, в форме фото- и видеопотоков;  $Inf_5$  – результаты визуального обследования элементов ОПО;  $Inf_6$  – результаты исследований свойств материалов конструкций путем испытания стандартных образцов;  $Inf_7$  – результаты наблюдения за лабораторными испытаниями стандартных образцов с фиксированием информации в виде фото- и видеопотоков;  $Inf_8$  – перечень базовых показателей качества функционирования элементов ОПО;  $Inf_9$  – правила принятия решений о соответствии элементов ОПО заданному техническому состоянию;  $Inf_{10}$  – результаты принятия решений о качестве функционирования элементов ОПО на основе экспертной оценки;  $Inf_{11}$  – перечень цифровых показателей качества функционирования элементов ОПО;  $Inf_{12}$  – описание текущего состояния элементов ОПО;  $Inf_{13}$  – описание прогнозируемого состояния элементов ОПО;  $Inf_{14}$  – перечень показателей качества функционирования элементов ОПО;  $Inf_{15}$  – рекомендации о трансформации процедуры экспертизы элементов ОПО.

Для оценки качества с учетом приоритетности факторов предложен метод интегративной оценки качества функционирования элементов ОПО. Суть метода состоит в том, что для повышения результативности экспертизы элементов ОПО требуется выполнить дополнение системы базовых показателей таким образом, чтобы сохранить их смысл согласно нормативным документам и дополнить новыми знаниями, полученными при использовании новых инструментов ПЦП. Метод основан на применении лингвистической переменной, структура которой приведена на рисунке 15 и обозначениями в таблице 4.

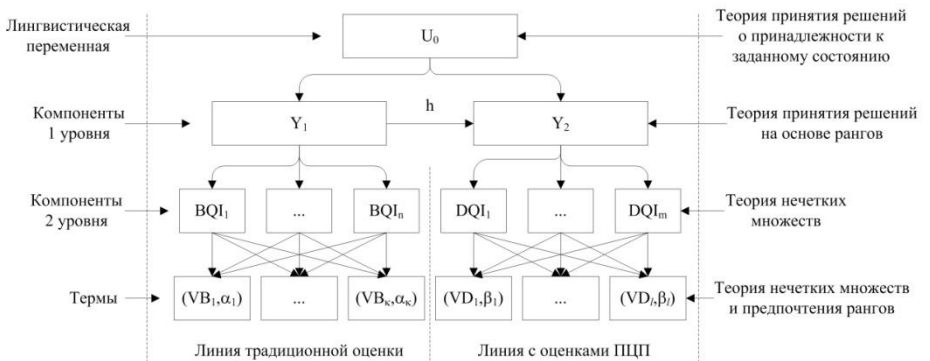


Рисунок 15 – Структура лингвистической переменной для экспертной оценки качества функционирования элементов ОПО

Таблица 4 – Перечень обозначений для структуры лингвистической переменной

№	Наименование	Обозначение	Состав
1	Лингвистическая переменная	$U_0$	Решение эксперта о мероприятиях на ОПО
2	Компонента 1-го уровня	$Y_1$	Решение эксперта, принятое на основе базовых показателей качества
3	Компонента 1-го уровня	$Y_2$	Решение эксперта, принятое на основе цифровых показателей качества
4	Компоненты 2-го уровня: базовые показатели качества функционирования элементов ОПО ( <i>Basic quality indicators</i> )	$BQI_i, i = \overline{1, n}$	Упорядоченный набор базовых показателей качества функционирования элементов ОПО с учетом приоритетности
5	Компоненты 2-го уровня: цифровые показатели качества функционирования элементов ОПО ( <i>Digital quality indicators</i> )	$DQI_j, j = \overline{1, m}$	Набор цифровых показателей качества функционирования ОПО с учетом приоритетности
6	Термы базовых показателей качества функционирования элементов ОПО ( <i>Terms of basic quality indicators</i> )	$TBQI_i, i = \overline{1, k}$	Структурированный матрикс значений для базовых показателей качества $TBQI_i = \ VB_i, \alpha_i\ $ , где $VB_i$ – значение компоненты; $\alpha_i$ – ранг приоритетности компоненты, установленный на основе оценки эксперта
7	Термы цифровых показателей качества функционирования элементов ОПО ( <i>Terms of digital indicators of quality</i> )	$TDQI_j, j = \overline{1, l}$	Структурированный матрикс значений для цифровых показателей качества $TDQI_j = \ VD_j, \beta_j\ $ , где $VD_j$ – значение компоненты; $\beta_j$ – ранг приоритетности компоненты, установленный на основе оценки эксперта
8	Функция суперпозиции	$h$	Функция преобразования решения с учетом новых знаний, полученных на основе показателей ПЦП

Отличительными признаками метода являются:

- 1) уровень 1: определение лингвистической переменной и ее терм, разделение показателей качества на две группы: базовые и цифровые;
- 2) уровень 2: получение решения для компонент 1-го уровня для базовых и цифровых показателей качества;
- 3) уровень 3: использование принципа суперпозиции для гармонизации решения, полученного на основе базовых показателей качества с учетом квалиметрических значений цифровых показателей. Установление вывода о соответст-

вии (не в полной мере соответствие, несоответствие) элементов ОПО требованиям стандартов, исходя из соотнесения принятого решения ( $Status_i$ ) нормативным требованиям.

Ранги  $\alpha_i$  и  $\beta_j$  позволяют учесть отраслевые особенности экспертизы и, в частности, для МП.

С учетом введенных обозначений аналитическая запись метода включает:

1) математическое описание структуры лингвистической переменной

$$U_0 = h\left(Y_2\left(Y_1(TBQI_i = \|VB_i, \alpha_i\|); TDQI_j = \|VD_j, \beta_j\|\right)\right); \quad (1)$$

2) правила принятия решений о значении компонент первого уровня

$$R_1: \text{Если } \bigwedge_{i=1}^m (x_i \leq a_{1i}), \text{ то } Y = Status_1, \quad (2)$$

$$R_n: \text{Если } \bigwedge_{i=1}^m (x_i > a_{ki}), \text{ то } Y = Status_n, \quad (3)$$

$$R_l: \text{Если } \bigvee_{k=1}^m \bigwedge_{i=1}^m (a_{ki} \leq x_i < a_{k,i+1}), \text{ то } Y = \min_{j=1, \overline{n}}(Status_j), l = \overline{2, n-1}, \quad (4)$$

где  $\min(Status_i)$  – «худший» статус из всех значений терм лингвистической переменной;  $n$  – количество терм лингвистической переменной;  $a_{ji}$  – абсциссы экспертных ключевых точек;

3) принцип суперпозиции, построенный согласно предпочтению рангов каждой из компонент  $Y_1$  и  $Y_2$

$$h(Y_2(Y_1)) = \begin{cases} Y_1, \text{ при } Y_1 = Y_2 \text{ или } Y_1 - Y_2 = -1; \\ Y_2, \text{ при } Y_1 - Y_2 = 1; \\ \frac{Y_1 + Y_2}{2}, \text{ при } |Y_1 - Y_2| = 2; \\ \emptyset, \text{ при } |Y_1 - Y_2| \geq 3. \end{cases} \quad (5)$$

Термин «суперпозиция» для трехуровневого метода используется для гармонизации информации на основе базовых и цифровых показателей качества элементов ОПО и представления результирующего эффекта в виде коррекции рангов с учетом приоритетности в условиях выполнения экспертной оценки, обеспечивая гармонизацию субъективных экспертных оценок качества функционирования элементов ОПО МП, полученными традиционными методами, с объективными цифровыми данными.

В результате решения задачи по построению комплексного инструментария оценки, мониторинга и управления качеством функционирования элементов ОПО проведена формализация правил принятия решений по результатам реализации метода интегративной оценки качества элементов ОПО, а также разработан алгоритм реализации метода интегративной оценки качества.

В **четвертой главе** разработан комплексный цифровой инструментарий управления качеством функционирования элементов ОПО, включающий

структуру ПЦП, программные модули и информационную модель оценки состояния и динамики качества функционирования элементов ОПО, алгоритмы анализа состояния оценки качества функционирования элементов ОПО.

Под ПЦП в рамках настоящего исследования понимается система алгоритмизированных отношений и взаимодействий (*InterActive*) между компонентами системы в едином информационном поле, приводящее к повышению результативности за счет применения пакета цифровых технологий при работе с данными. На рисунке 16 приведена структура ПЦП, которая использована для получения и обработки данных в ходе проведения экспертизы элементов ОПО.

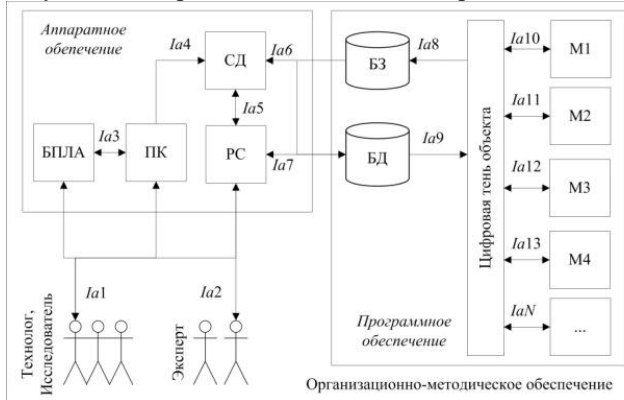


Рисунок 16 – Структура ПЦП для оценки качества функционирования элементов ОПО: БПЛА – беспилотный летательный аппарат; ПК – переносной компьютер; РС – рабочая станция; СД – сервер данных; БД – база данных; БЗ – база знаний; М1, М2, ... – программные модули

На рисунке 16 введены обозначения: *Ia1* – взаимодействие технолога, исследователя с аппаратным обеспечением, выполняющим подготовку БПЛА, передачу данных с БПЛА на ПК и РС; *Ia2* – взаимодействие экспертов с РС для получения данных о результатах обследования объектов с помощью БПЛА и цифровой тени объекта; *Ia3* – взаимодействие БПЛА с ПК для сохранения и передачи данных о состоянии объекта в виде фото- и видеопотоков на СД; *Ia4* – взаимодействие ПК и СД для передачи данных о результатах обследования элементов ОПО; *Ia5* – двухстороннее взаимодействие СД и РС для формирования ответов на запрос эксперта; *Ia6* – взаимодействие базы знаний с СД для сохранения результатов принятия решений по экспертной оценке элементов ОПО; *Ia7* – двухстороннее взаимодействие РС и БД для сохранения и извлечения фото- и видеопотока по результатам контроля; *Ia8* – взаимодействие цифровой тени элементов ОПО по результатам принятия решений экспертом на основе фото- и видеопотоков; *Ia9* – взаимодействие БД с цифровой тенью элемента ОПО; *Ia10– Ia13* – взаимодействие программных модулей с цифровой тенью объекта при обработке информации в текущих условиях и прогнозирования нового состояния элементов ОПО.

Разработан комплекс программных модулей для оценки состояния и динамики качества функционирования элементов ОПО, состоящий из 10 компонент, сформированных на трех уровнях. Между программными модулями определены информационные потоки, которые определяют порядок перехода



между модулями и непосредственных исполнителей работ. Для отображения схемы информационных потоков введены обозначения исполнительных уровней:  $R$  – уровень исследователя (*Researcher*);  $T$  – уровень функционального технолога (*Technologist*);  $E$  – уровень эксперта (*Expert*). Уровень  $R$  предназначен для подготовки изображений к экспертной оценке. Уровень  $T$  предназначен для технологической обработки изображения. При указанных условиях сформирована информационная модель для оценки состояния и динамики качества функционирования элементов ОПО с использованием ПЦП (рисунок 17).

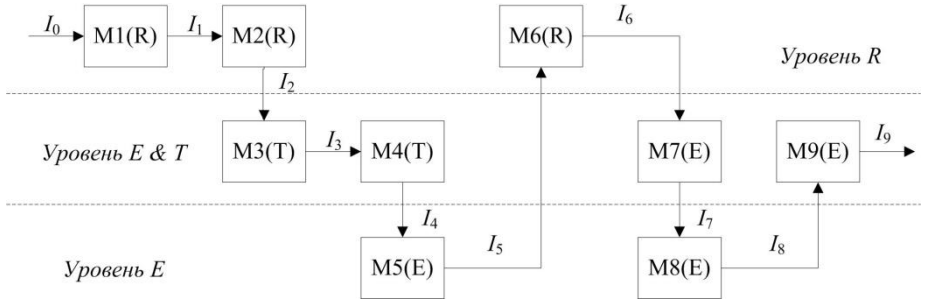


Рисунок 17 – Информационная модель для оценки состояния и динамики качества элементов ОПО с использованием ПЦП

На рисунке 17 введены обозначения информационных потоков:  $I_0$  – кортеж  $2D$ -изображений, принятых в программный комплекс;  $I_1$  – кортеж  $2D$ -изображений с разделением освещения (теплое, холодное);  $I_2$  – кортеж  $2D$ -изображений в градациях серого;  $I_3$  – кортеж  $2D$ -изображений в градациях серого и вектор объектов разрушения элементов ОПО;  $I_4$  – кортеж  $2D$ -изображений в градациях серого и вектор завершенных объектов разрушения;  $I_5$  – кортеж  $2D$ -изображений для сравнения нескольких состояний элементов ОПО;  $I_6$  – кортеж  $2D$ -изображений до и после обработки модулями  $M1$ - $M5$ ;  $I_7$  – кортеж  $2D$ -изображений в виде дискретной карты обнаруженных разрушений;  $I_8$  – кортеж  $2D$ -изображений в виде дискретной карты обнаруженных разрушений текущего и нового прогнозируемого состояния;  $I_9$  – кортеж  $2D$ -изображений и вектор квалитетических оценок цифровых показателей качества.

Сформирована информационная модель для оценки состояния и динамики качества элементов ОПО с использованием инструментов ПЦП. Аналитически информационная модель имеет вид

$$\begin{aligned}
 I_0 \rightarrow (M1(R), I_1), (M2(R), I_2), (M3(T), I_3 = \{O_1, \dots, O_n\}), \\
 (M4(T), I_4 = \{O'_1, \dots, O'_n\}), (M5(T), I_5 = \{O''_1, \dots, O''_n\}), \\
 (M6(R), I_6 = \{O'''_1, \dots, O'''_n\}), (M7(E), I_7 = \|D_0\|), \\
 (M8(E), I_8 = \|D_1\| - \|D_0\|), (M9(E), I_9 = \{O_k, \{QP\}\}) \rightarrow I_9,
 \end{aligned} \tag{6}$$

где  $\{O_1, \dots, O_n\}$  – кортеж изображений, принятых в обработку и оценку;  $\{O'_1, \dots, O'_n\}$ ,  $\{O''_1, \dots, O''_n\}$ ,  $\{O'''_1, \dots, O'''_n\}$  – кортеж изображений после обра-

ботки;  $\|D_0\|$  – карта дефектов исходного изображения;  $\|D_1\| - \|D_0\|$  – карта дефектов после сравнения текущего и будущего состояния;  $\{O_k, \{QP\}\}$  – исходное изображение с набором квалиметрических оценок цифровых показателей;  $R$  – уровень исследователя (*Researcher*);  $T$  – уровень функционального технолога (*Technologist*);  $E$  – уровень эксперта (*Expert*);  $M1$  – модуль изучения влияния освещенности на изменения яркости и контрастности;  $M2$  – модуль перевода изображения в градации серого;  $M3$  – модуль сегментации элементов разрушения поверхности элементов ОПО;  $M4$  – модуль завершения и заливки формы разрушения поверхности элементов ОПО;  $M5$  – модуль определения различий кадров во временных точках цифрового потока;  $M6$  – модуль сравнения исходного и обработанного видеопотока;  $M7$  – модуль формирования карты разрушения поверхности элементов ОПО;  $M8$  – модуль интеграции нового состояния с картой разрушения поверхности элементов ОПО;  $M9$  – модуль формирования квалиметрических оценок разрушения поверхности элементов ОПО.

Один из алгоритмов программного модуля для оценки динамики изменения состояния объекта приведен на рисунке 18.

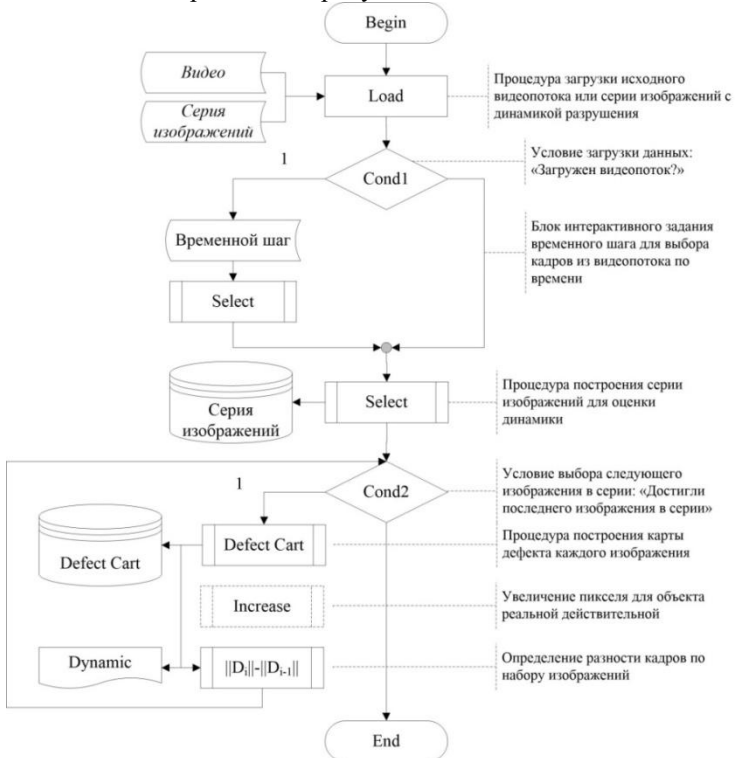


Рисунок 18 – Блок-схема алгоритма оценки динамики изменения состояния объекта

Реализован переход «элемент ОПО → цифровая тень», для которого характерно предсказание его поведения в условиях сбора данных. Для текущего этапа работы это является достаточным для осуществления экспертной оценки и сохранения текущего состояния в базе данных и извлечения выводов для принятия решений о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации элементов ОПО.

В пятой главе выполнено опробование разработанной методологии и инструментария по созданию и функционированию СМК МП, эксплуатирующего ОПО.

Приведены примеры реализации комплексного инструментария для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО на территории ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», а также описаны результаты построения цифровой тени пилотных объектов. Процесс создания цифровой тени относится к технологическому слою подготовки информации для последующей экспертной оценки и требует дополнительных рабочих мест и высокой трудозатратности на начальных этапах работы. Однако именно такое представление информации о состоянии задания или сооружения позволяет судить не только о развитии разрушения, но и о его месте расположения в конструкции объекта.

Проведена оценка экономической эффективности применения комплексного инструментария для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО на МП.

Основные показатели эффективности инвестиционного проекта по трансформации ПЭОК функционирования элементов ОПО на МП в ценах 2022 г. приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные показатели эффективности инвестиционного проекта

№ п/п	Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя
1	Чистый дисконтированный доход (NPV), тыс. руб.	8106,3
2	Срок окупаемости проекта (PP), лет	3,2
3	Рентабельность проекта (ARR), %	18,7
4	Внутренняя норма рентабельности проекта (IRR), %	129,6
5	Запас финансовой прочности проекта (ЗФП), %	9,6

Приведенные в таблице 5 основные показатели эффективности инвестиционного проекта по трансформации ПЭОК функционирования элементов ОПО на МП свидетельствуют о целесообразности его реализации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена важная отраслевая проблема развития СМК МП, эксплуатирующего ОПО, и достигнута цель диссертационного исследования: совершенствование СМК МП, эксплуатирующего ОПО, для обеспечения результативности функционирования процессов управления.

1. Проведен системный анализ проблемы управления качеством функционирования элементов ОПО, учитывающий отраслевые особенности, на пред-

приятиях УФО, в котором сконцентрировано более 7,7 тыс. промышленных объектов. Установлено, что, несмотря на наличие устойчивой нормативной и методической базы обеспечения процессов управления, наблюдается значительное отставание сложившихся традиционных инструментов управления качеством функционирования элементов ОПО от существующих в настоящее время процессных инструментов управления основными видами деятельности, реализуемых в СМК предприятий. Установлено значительное отставание применяемых инструментов управления качеством элементов ОПО от достигнутого уровня цифровых технологий и аналитических возможностей, применяемых в основных бизнес-процессах СМК ведущих предприятий. Исследованы существующие процессы и процедуры мониторинга, оценки и управления качеством элементов ОПО. Выявлена необходимость развития методов получения информации о техническом состоянии элементов ОПО с использованием средств цифровизации.

2. На основе современных трендов цифровизации разработана контекстная модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО, с учетом отраслевых особенностей. Контекстная модель выявляет ключевые системные аспекты и факторы. Модель содержит 12 блоков факторов и 107 единичных элементов. Реализация контекстной модели позволила определить направление развития СМК МП, эксплуатирующего ОПО, для обеспечения результативности функционирования процессов управления.

3. Разработана и реализована методология и комплекс инструментов разработки СМК МП, эксплуатирующего ОПО. Выделены два основных раздела в структуре методологии, связанных с развитием теоретических положений и инструментальных основ, для обеспечения результативности функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, на базе ПЦП.

4. Методология создания и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, включает комплекс моделей:

- структурная модель методологии и инструментарий создания и функционирования СМК;
- модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО, позволяющая рассматривать ОПО как ключевые элементы инфраструктуры, оказывающие влияние на качество продукции;
- информационная модель принятия решений при экспертизе элементов ОПО, которая использует консолидированную аналитическую, экспертную информацию и информацию из видеопотока, полученного с помощью технических средств;
- модель СМК МП, эксплуатирующего ОПО, которая обеспечивает системный уровень корпоративного управления и позволяет встраивать процессы управления ОПО в структуру существующей системы менеджмента предприятия. В СМК МП введены 10 ключевых элементов, позволяющих повысить результативность функционирования элементов ОПО;

– адаптивная процессная модель СМК, включающая 12 процессов управления качеством на МП, эксплуатирующем ОПО. Применение адаптивной процессной модели на МП позволяет повысить результативность функционирования элементов ОПО.

5. Разработанный комплексный цифровой инструментарий создания и функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО, включает:

– инструментарий для мониторинга, оценки и управления качеством функционирования элементов ОПО МП, включающий методику проведения экспериментальных исследований и трехуровневый метод интегративной оценки качества функционирования элементов ОПО. Результаты внедрения комплекса инструментов показали снижение затрат при проведении экспертизы элементов ОПО на 30%;

– инструментарий управления качеством функционирования элементов ОПО, включающий структуру, программные модули, информационную модель, группу алгоритмов анализа технического состояния и оценки качества функционирования элементов ОПО. Создан комплекс алгоритмов для разработки и функционирования программных модулей на базе ПЦП. ПЦП включает аппаратное обеспечение платформы, программное обеспечение, кадровое обеспечение. В ходе проектирования и реализации ПЦП разработана информационная модель для оценки текущего технического состояния и динамики качества элементов ОПО, отличающаяся наличием трех уровней ПЦП: *R* – уровень исследователя (*Researcher*); *T* – уровень функционального технолога (*Technologist*); *E* – уровень эксперта (*Expert*). Перспективным направлением в развитии ПЦП является создание цифровых двойников для прогнозирования динамики качества элементов ОПО на МП.

6. Разработан механизм трансформации инструментов ПЭОК качества функционирования элементов ОПО, решающий комплексную задачу по созданию и обеспечению результативности функционирования СМК МП, эксплуатирующего ОПО. Показано, что предложенный механизм трансформации комплексного инструментария для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО МП устраняет пять критически значимых несоответствий, определяющих системный, целевой, инструментальный уровни в функционировании СМК и обеспечивает согласование между процессами СМК МП, эксплуатирующего ОПО. Комплексный инструментарий для мониторинга, оценки и повышения качества функционирования элементов ОПО МП позволяет использовать инструменты ПЦП, сохранять и накапливать опыт в виде значимой для отрасли информационной базы знаний, снижать влияние человеческого фактора.

7. Результативность трансформации ПЭОК функционирования элементов ОПО обоснована расчетом значений основных показателей экономической эффективности. Экономический эффект при внедрении полученных результатов диссертационного исследования на предприятиях реального сектора экономики составил до 16,0 млн руб. включительно в ценах 2022 г., что подтверждено ак-

тами внедрения. Практическая значимость подтверждена актами использования результатов диссертационного исследования на промышленных предприятиях и организациях. Полученные результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» при подготовке обучающихся по направлениям 08.03.01, 08.04.01, 08.05.01, 09.03.01, 09.04.01 и 09.06.01 (уровень бакалавриата, специалитета и магистратуры, подготовки кадров высшей квалификации).

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК**

1. Наркевич, М. Ю. Совершенствование нормативов расходов заказчика на осуществление контроля качества при строительстве и реконструкции опасных производственных объектов / М. Ю. Наркевич // Качество. Инновации. Образование. – 2021. – № 6(176). – С. 50-55.
2. Наркевич, М. Ю. Спецификация математических моделей, применяемых для оценки качества продукции / М. Ю. Наркевич // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 351-354.
3. Наркевич, М. Ю. Метод комплексной количественной оценки качества опасных производственных объектов с использованием S-образных кривых / М. Ю. Наркевич // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2021. – Т. 19. – № 4. – С. 91-97.
4. Наркевич, М. Ю. Метод оценки единичных показателей качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений на опасных производственных объектах с использованием S-образных кривых / М. Ю. Наркевич // Качество. Инновации. Образование. – 2021. – № 5(175). – С. 70-74.
5. Качество материалов, изделий и конструкций в промышленной безопасности: эмпирическая основа / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, В. Д. Корниенко [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2021. – Т. 19. – № 3. – С. 90-101.
6. Наркевич, М. Ю. Визуальный контроль как основа для разработки автоматизированных систем дистанционного контроля и оценки качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, М. А. Полякова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 5. – С. 570-576.
7. Анализ эффективности существующей системы оценки качества материалов, изделий и конструкций на опасных производственных объектах / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, О. С. Логунова [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 103-111.
8. Извеков, Ю. А. Квалиметрический метод оценки качества объектов металлургического предприятия / Ю. А. Извеков, М. Ю. Наркевич // Известия

Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23. – № 2(100). – С. 42-45.

9. Гаврилов, В.Б. Исследование прочностных и деформационных параметров качества демпфирующего слоя для применения в области дорожного и подземного строительства / В. Б. Гаврилов, М. Ю. Наркевич, К. В. Гаврилов // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 1. – С. 21-26.

10. Нищета, С.А. Статистическое моделирование загружений стальных колонн мостовыми кранами / С. А. Нищета, К. В. Марков, М. Ю. Наркевич // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 1. – С. 27-31.

11. Интеллектуальная система принятия решений при оценке качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах: определение траектории движения беспилотного летательного аппарата / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, В. Д. Корниенко [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 50-60.

12. Нищета, С.А. Оценка качества мостовых кранов, эксплуатируемых в условиях металлургического производства / С. А. Нищета, К. В. Марков, М. Ю. Наркевич // Качество и жизнь. – 2022. – № 2(34). – С. 3-7.

**Публикации в изданиях, входящих в наукометрические базы  
Web of Science и Scopus**

13. Damage of Bridge Lifting Cranes and Crane Metal Structures / S. A. Nishcheta, E. P. Chernyshova, M. Yu. Narkevich [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12. – No S3. – P. 6587-6590.

14. Practical implementation of the calculation of the bearing capacity trumpet-concrete column / A. L. Krishan, V. I. Rimshin, M. Yu. Narkevich, V. I. Telichenko, V.A. Rakhmanov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017. – № 2(368). – P. 227-232.

15. Experimental investigation of selection of warm mode for highperformance self-stressing self-compacting concrete / A. L. Krishan, M. Yu. Narkevich, A. I. Sagadatov, V. I. Rimshin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Novosibirsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012049.

16. Krishan, A. L. Compressed tube-concrete elements with the high-strength compression core and with fibreglass shell / A. L. Krishan, M. Yu. Narkevich, A. I. Sagadatov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 033016.

17. Narkevich, M. Yu. Strength and deformation property enhancement of compressed steel tube-concrete elements using super concrete and thin-shell structure / M. Yu. Narkevich, A. I. Sagadatov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 033031.

18. The strength of short compressed concrete elements in a fiberglass shell / A. L. Krishan, M. Yu. Narkevich, A. I. Sagadatov, V. I. Rimshin // Magazine of Civil Engineering. – 2020. – № 2(94). – P. 3-10.

19. Results of experimental tests of building samples / M. Yu. Narkevich, O. S. Logunova, P. I. Kalandarov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering (2021). – Tashkent: IOP Science, 2021. – P. 012031.

20. Results of a pilot experiment on monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles / M. Yu. Narkevich, O. S. Logunova, P. I. Kalandarov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021. – Tashkent: IOP Science, 2021. – P. 012030.

21. An empirical approach to quality assurance of materials, products and structures in industrial safety / M. Yu. Narkevich, O. S. Logunova, V. D. Kornienko [et al.] // Transportation Research Procedia : X International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2022. – Siberia: Elsevier, 2022. – P. 119-128.

### **Монографии**

22. Предотвращение аварий зданий и сооружений [Электронный ресурс] : монография / Российская акад. архитектуры и строительных наук, Московский гос. строительный ун-т, Российское о-во по неразрушающему контролю и технической диагностике [и др.] ; под ред. К. И. Ерёмкина. – Магнитогорск: ВЕЛД, 2014. – 1 CD-ROM. – Текст : электронный.

23. Наркевич, М. Ю. Инсоляция как показатель качества / М. Ю. Наркевич. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2022. – 159 с.

### **Публикации в других изданиях, в сборниках трудов конференций**

24. Наркевич, М. Ю. Анализ существующих методик расчета вневцентренно сжатых трубобетонных колонн городских сооружений и зданий / М. Ю. Наркевич, А. Л. Кришан // Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2012. – № 1. – С. 23.

25. Наркевич, М. Ю. Проблемы контроля и оценки качества при изготовлении и монтаже стальных строительных конструкций зданий и сооружений / М. Ю. Наркевич // Архитектура. Строительство. Образование. – 2012. – № 1. – С. 130-137.

26. Определение деформационных характеристик бетона / А. Л. Кришан, М. А. Астафьева, М. Ю. Наркевич, В. И. Римшин // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9-10(77). – С. 367-369.

27. Наркевич, М. Ю. Численное моделирование сквозных трубобетонных колонн промышленных зданий / М. Ю. Наркевич // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2014. – Т. 2. – С. 36-39.

28. Наркевич, М. Ю. Исследование работы центрально сжатых сталетрубобетонных элементов с ядром из высокопрочного бетона и тонкостенной обо-



лочкой / М. Ю. Наркевич, А. И. Сагадатов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2017. – № 11(999). – С. 14-15.

29. Наркевич, М. Ю. Методика определения эквивалентной площади точечного и протяженного внутренних дефектов сварных швов при ультразвуковом контроле качества стальных строительных конструкций заводского изготовления / М. Ю. Наркевич, К. Д. Обухов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 101-106.

30. Наркевич, М. Ю. Оценка единичного показателя качества продукции на основе S-образных логистических кривых / М. Ю. Наркевич, Е. А. Ильина, А. А. Мехонцев // Перспективы науки. – 2020. – № 6(129). – С. 54-57.

31. Наркевич, М. Ю. Прочность цилиндрических образцов из высокопрочного напрягающего самоуплотняющегося бетона при твердении в условиях двух и трехосного ограничения деформаций / М. Ю. Наркевич, А. А. Мехонцев // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 9(1033). – С. 51-53.

32. Наркевич, М. Ю. Аналитические зависимости для определения текущих значений коэффициента поперечных деформаций ориентированно армированных полимерных композиционных материалов / М. Ю. Наркевич // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 9(1033). – С. 36-37.

33. Наркевич, М. Ю. Численное моделирование прочности и деформативности кольцевых образцов из полимерного композиционного материала / М. Ю. Наркевич, А. А. Мехонцев // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 11-14.

34. Логунова, О. С. Декомпозиция интеллектуальной системы принятия решений при оценке состояния зданий и сооружений промышленного предприятия: сбор информации / О. С. Логунова, М. Ю. Наркевич // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : Сборник материалов X Всероссийской конференции – Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2021. – С. 143-147.

35. Аудит промышленного предприятия как инструмент оценки качества / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, Д. А. Луганская, К. В. Гаврилов // Современные достижения университетских научных школ : сборник докладов национальной научной школы-конференции – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. – С. 105-110.

36. Мониторинг состояния зданий и сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов: результаты пилотного эксперимента / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, В. Д. Корниенко [и др.] // Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. – С. 33-37.

37. Прикладная цифровая платформа для оценки динамики качества опасных производственных объектов на металлургическом предприятии: структура и алгоритмы / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, М. Б. Аркулис [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2022. – № 5(110). – С. 29-48.

**Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ,  
патенты на полезную модель**

38. Патент № 116537 U1 Российская Федерация, МПК E04C 3/36, E04C 3/34. Строительный элемент в виде стойки : № 2012100203/03 : заявл. 10.01.2012 : опубл. 27.05.2012 / А. Л. Кришан, М. Ю. Наркевич, А. И. Сеницын ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

39. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019660512 Российская Федерация. Qualimetric Unit Quality Estimation : № 2019619196 : заявл. 29.07.2019 : опубл. 07.08.2019 / М. Ю. Наркевич, Г. Ш. Рубин, Г. С. Гун [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

40. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661483 Российская Федерация. Quality evaluation of high strength self-compacting concrete : № 2020660313 : заявл. 14.09.2020 : опубл. 24.09.2020 / М. Ю. Наркевич, Е. А. Ильина, А. Ю. Кузнецов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

41. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661627 Российская Федерация. Calculation of concrete mix components : № 2020660348 : заявл. 14.09.2020 : опубл. 28.09.2020 / М. Ю. Наркевич, Е. А. Ильина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

42. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666171 Российская Федерация. Automatic completion and filling of forms with inaccurate borders on digital images : № 2021665140 : заявл. 30.09.2021 : опубл. 08.10.2021 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

43. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666151 Российская Федерация. Automatic video comparison of the source and processed digital video streams : № 2021665210 : заявл. 01.10.2021 : опубл. 08.10.2021 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

44. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666066 Российская Федерация. Automated search for frame differences in a digital video stream : № 2021665120 : заявл. 01.10.2021 : опубл. 07.10.2021 /

М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

45. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666037 Российская Федерация. Automatic detection of damage parameters from digital images : № 2021665102 : заявл. 30.09.2021 : опублик. 06.10.2021 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

46. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665912 Российская Федерация. Automatic selection of destruction boundaries on digital images : № 2021665010 : заявл. 29.09.2021 : опублик. 05.10.2021 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

47. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665823 Российская Федерация. Automatic detection of frame differences at time points of a digital video stream : № 2021664993 : заявл. 29.09.2021 : опублик. 04.10.2021 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

48. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611489 Российская Федерация. Automatic formation of a damage map in the selected area of a digital video of the control object by calculating the frame difference : № 2022610026 : заявл. 11.01.2022 : опублик. 26.01.2022 / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, А. А. Николаев, В. Д. Корниенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

49. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611443 Российская Федерация. Generating an array of grayscale images from a selected video file : № 2022610030 : заявл. 11.01.2022 : опублик. 25.01.2022 / М. Ю. Наркевич, А. А. Николаев, О. С. Логунова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

50. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611311 Российская Федерация. Automatic integration of the digital video of the control object with the damage video map : № 2022610211 : заявл.

10.01.2022 : опубл. 24.01.2022 / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, А. А. Николаев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

51. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611213 Российская Федерация. Universal library for working with digital images: asynchronous computation with image collections; the use of algorithms: blurring images, highlighting the boundaries of images, building skeletons of shapes on binarized images, determining the difference in colors and finding frame differences : № 2022610219 : заявл. 12.01.2022 : опубл. 21.01.2022 / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

52. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022615149 Российская Федерация. Automatic QR-code zone image cropper : № 2022614303 : заявл. 24.03.2022 : опубл. 30.03.2022 / М. Ю. Наркевич, В. Д. Корниенко, А. А. Николаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

53. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616419 Российская Федерация. Automatic video panorama former : № 2022614440 : заявл. 24.03.2022 : опубл. 08.04.2022 / М. Ю. Наркевич, А. А. Николаев, Н. В. Злыдарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».