

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.111.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 28 декабря 2021 г. № 16

О присуждении Извекову Юрию Анатольевичу, Российская Федерация, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы выбора и оценки показателей качества объектов металлургического предприятия на основе конструкционного риск-анализа» по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции принята к защите 27 сентября 2021 г. (протокол № 11) диссертационным советом Д 212.111.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ №717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Извеков Юрий Анатольевич, «10» августа 1967 года рождения

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на специальную тему «Оценка фактического технического состояния элементов технологического оборудования ракетных комплексов стратегического назначения на основе магнитошумовых методов» защитил в 1995 году в диссертационном совете, созданном на базе Ростовского высшего военного командно-инженерного училища ракетных войск им. М.И. Неделина, после освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в очной адъюнктуре при Ростовском высшем военном командно-инженерном училище ракетных войск им. М.И. Неделина в 1995 году,

работает заведующим кафедрой прикладной математики и информатики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики и информатики, в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, Мезин Игорь Юрьевич, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра технологий, сертификации и сервиса автомобилей, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. 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,

2. Анцев Виталий Юрьевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», кафедра «Подъемно-транспортные машины и оборудование», заведующий кафедрой,

3. Ключков Юрий Сергеевич, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ректорат, и.о. проректора по научно-организационной деятельности  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск в своем положительном отзыве, подписанном Ивахненко Александром Геннадьевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», Чевычеловым Сергеем Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Машиностроительные технологии и оборудование» указала,

что «...Диссертационная работа Извекова Юрия Анатольевича, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, заключающаяся в развитии научных основ назначения и количественной оценки показателей качества объектов металлургического предприятия. ...диссертация «Научные основы выбора и оценки показателей качества объектов металлургического предприятия на основе конструкционного риск-анализа», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, в полной мере соответствует паспорту научной специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции, а также требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Извеков Юрий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук».

Соискатель имеет 74 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 48 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ, 3 монографии. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Авторский вклад соискателя объемом 21,0 п.л. в опубликованных работах общим объемом 23,875 п.л. состоит в анализе техногенной безопасности кранового хозяйства металлургического производства России, постановке цели и задач исследования, принятой концепции оценки качества, междисциплинарном подходе к теоретическому и экспериментальному исследованию, снижению размерности в задачах оценки качества мостовых металлургических кранов, оценке рисков потенциально опасных металлургических объектов за пределами гарантийных сроков эксплуатации, модели принятия решений в управлении риском аварий объектов металлургического предприятия, стандартизации оценки качества, квалиметрическом методе оценке качества, научно-методической базе оценки качества таких объектов с использованием конструкционного риск-анализа, обработке и обобщении полученных результатов, подготовке работ к публикации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Извеков, Ю.А. Стандартизация оценки качества специальных металлургических кранов на основе конструкционного риск-анализа / Ю.А. Извеков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2021. - Т. 23. - № 2. – С. 37-41.

2. Извеков, Ю.А. Научно-методическая база оценки качества технических систем металлургического предприятия / Ю.А. Извеков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. - 2021. - Т.19. - №2. - С. 98-102. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-2-98-102>.

3. Оценка рисков потенциально опасных металлургических объектов за пределами гарантийных сроков эксплуатации в менеджменте качества промышленного предприятия / Ю.А. Извеков, Е.М. Гугина, А.Л. Анисимов, В.В. Шеметова // Современные наукоемкие технологии. - 2018. - № 11-2. - С. 179-182.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». Замечания: 1. В автореферате (стр.13) указан метод главных компонент, вычислены собственные значения и собственные векторы. Необходимо было подробнее раскрыть суть метода. 2. На стр. 22 автореферата за показатель качества был выбран закон равномерной плотности. Из автореферата непонятно, в чем преимущество данного закона. 3. На приведенном рис. 16 (стр. 24) количество испытаний равно 120, чем обусловлено это число.

2. ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Замечания: 1. Из автореферата (таблица 1, стр. 12) непонятно, почему выбраны только указанные 15 показателей качества конструкции. 2. На стр. 19 допущена неточность – на наш взгляд, следует указывать «материал стержней фермы», а не «материал рамы».

3. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». Замечания: 1. В автореферате на стр. 18-19 описаны функции плотности распределения напряжений, деформаций от действующих нагрузок стержней фермы крана и времени. Возможно ли было решить стохастическую краевую задачу о многомерной плотности распределения с добавлением еще важных показателей? 2. К чему приведет оценка риска аварии  $R$  в формуле (32) на стр. 22, если снизить либо увеличить количество элементов в группе  $n$ ?

4. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный институт». Замечания: 1. Осталось непонятным, какие допущения приняты автором при разработке концепции оценки качества элементов кранового оборудования на основе риск-анализа. 2. Не указаны направления и перспективы дальнейших исследований автора по теме диссертации.

5. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». Замечание: по рис. 2 на стр. 15 риск нормируется больше или меньше 0,5. Чем обусловлено такое нормирование?

6. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Замечание: в разделе «Заключение» (с. 31) не отражены перспективы дальнейшего развития темы диссертационной работы.

7. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Замечание: в автореферате мало освещен анализ FMEA, который позволяет оценить возможные угрозы и уязвимости, а также проанализировать потенциальные дефекты.

8. ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». Замечания: 1. По формулировке научной новизны п. 5. Значения точечных значений плотностей вероятности далеко не всегда позволяют рассчитать вероятность риска. Для этого надо дополнительно учитывать закон распределения плотности вероятности. 2. По формулировке теоретической и практической значимости п. 2. Описанная автором взаимосвязь не требует доказательств, так как очевидно, что от напряженного состояния элементов крана, их «целостности», числа циклов работы зависит риск возникновения аварии. Это следствие эксплуатации крана, его нагрузок и износа.

9. АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ». Замечание: в автореферате на стр. 28 указано, сколько времени конструкция крана будет находиться в исправном состоянии. Непонятно, это после гарантии или вообще?

10. ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет. Набережночелнинский институт (филиал)». Замечание: из автореферата непонятно как может нормироваться запас по рискам для такого оборудования.

11. Отзыв АО «Композит». Замечание: предложенный новый понятийный аппарат критериев, определяющих показатели качества кранового оборудования металлургического предприятия, не выделен в явном виде, какие введенные понятия являются новыми?

12. Отзыв филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Замечание: из автореферата непонятно, могли бы исследоваться другие распределения действующих нагрузок и опасных факторов. И, если да, то какие?

13. Отзыв ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет». Без замечаний.

14. Отзыв ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет». Замечание: на стр. 30, на наш взгляд, было бы удачным глубже раскрыть применение разработанных научных основ оценки качества энергонасыщенного оборудования, эксплуатируемого в тяжелых и сверхтяжелых режимах по критериям риска и другим показателям с использованием цифровых двойников.

15. Отзыв АО «НПО «ЦНИИТМАШ». Замечание: в разделе «Заключение» не указаны перспективы дальнейших исследований по теме диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в сфере анализа, синтеза и оптимизации, математических и информационных моделей состояния и динамики качества объектов, квалиметрических методов оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством продукции, а также в области оценки ресурса несущих металлоконструкций грузоподъемных машин и анализа рисков при их эксплуатации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** новая научная идея оценки качества основных конструкций кранов металлургического предприятия с использованием конструкционного риск-анализа, позволяющая существенно расширить границы его применения; концептуальные модели состояния основных конструкций кранов металлургического предприятия на основе впервые примененного для оценки качества кранов

конструкционного риск-анализа, представляющих качество как функцию от риска аварий и их ущерба; на основе метода главных компонент метод свертки единичных показателей надежности и безопасности и экономических показателей;

**предложен** оригинальный, неординарный подход оценки качества объектов металлургического предприятия, а также новый понятийный аппарат критериев, определяющих показатели их качества, квалиметрический метод оценки надежности и риска аварии, как интегральной характеристики качества, основных конструкций кранов металлургического предприятия, описывающий их фактическое техническое состояние;

**доказана** перспективность использования конструкционного риск-анализа в оценке качества потенциально опасных производственных объектов, метода многомерного статистического анализа – метода главных компонент в задачах снижения размерности показателей качества рассматриваемых объектов;

**введены** и теоретически обоснованы виды функции плотностей распределений вероятностных полей напряжений и деформаций, понятия «русла» и «джокеры» для оценки качества металлургических кранов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** возможность использования конструкционного риск-анализа, теории случайных функций (модели вероятностной нагруженности) и Марковских процессов, которые существенно расширяют границы их применимости;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** многомерные методы статистического анализа, методы строительной механики, методы теории вероятностей, методы теории случайных процессов, Марковских случайных процессов, нелинейной динамики, квалиметрических методов в разработке методов оценки и обеспечения качества объектов металлургического предприятия;

**изложены** основные положения математического аппарата и алгоритм конструкционного риск-анализа для организационных и методических подходов (мероприятий) для оценки качества и безопасности кранов металлургического предприятия;

**раскрыты** проблемы существующих стандартов оценки качества кранов металлургического предприятия и предложено их расширение, дополнение или совместное использование с предложенным подходом;

**изучены** закономерности и связи, характеризующие напряженное состояние конструкции и вероятность разрушения крана металлургического предприятия;

**проведена модернизация** существующей модели оценки качества объектов металлургического предприятия путем использования аппарата конструкционного риск-анализа, который обеспечил получение новых эффективных моделей принятия решений при эксплуатации такого оборудования.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** подходы к выбору, назначению и оценке показателей качества кранового оборудования, рекомендации по установке шпренгелей в несущей конструкции крана с учетом рассчитанных плотностей вероятностей напряжений и деформаций, алгоритм конструкционного риск-анализа и математические модели, результаты исследований и разработанных теоретических моделей на примере мостовых кранов грузоподъемностью 300 т, которые используются при разработке ремонтной и конструкторской документации в АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ», НИИ «Промбезопасность», ООО «ССЦ «ТехЭксперт», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» при выполнении научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ по направлениям подготовки 01.03.02, 01.04.02, 01.06.01, 22.03.02, 15.04.02;

**определены** перспективы применения конструкционного риск-анализа для объектов металлургических предприятий;

**создана** модель эффективного применения знаний о многомерных методах статистического анализа, квалиметрии, теории вероятностей и случайных процессов, предложенного вида анализа для создания принципиально нового подхода в оценке качества объектов металлургического предприятия;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию научно-методической базы стандартизации и оценки качества объектов металлургического предприятия, представляя функцию качества как зависимость от риска аварии,

показателей надежности, безопасности и экономической эффективности, акты внедрения и использования результатов в АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ», НИИ «Промбезопасность», ООО «Инженерный технический центр «Промтехаудит», в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» при подготовке обучающихся по направлениям подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 22.03.02 «Металлургия», 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», 01.06.01 «Математика и механика».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** сходимость аналитического решения и численного моделирования полученных результатов для различных геометрических характеристик основных конструкций кранов металлургического предприятия;

**теория** построена на использовании моделей конструкционного риск-анализа, вероятностных методов и случайных процессов, методов многомерного статистического анализа, нелинейной динамики, квалиметрии и хорошо согласуется с опубликованными результатами использования этих моделей и методов при разработке методологических подходов в смежных отраслях;

**идея базируется** на анализе проблем безопасности, аварийности объектов металлургического предприятия и прогнозировании их качества;

**использовано** сравнение авторских данных с опубликованными работами в области конструкционного риск-анализа;

**установлено** качественное совпадение авторских данных с известными из различных научных источников результатами о применении конструкционного риск-анализа к оценке качества объектов, а также использования метода главных компонент для свертки единичных показателей надежности, безопасности и экономической эффективности;

**использованы** современные методы обработки информации с применением математического пакета Maple 17, исследования напряженно-деформированного состояния программного комплекса «ЛИРА-САПР», встроенный в MS-Excel пакет анализа данных.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

формулировании цели и задач диссертационного исследования, участии в проведении теоретических и численных исследований, обосновании концепции оценки качества объектов металлургического предприятия, свертке показателей качества, разработке математических моделей качества конструкции крана, исследовании напряженно-деформированного состояния исследуемых основных конструкций крана, интерпретации результатов, формулировке основных положений и выводов, подготовке к публикации статей по теме диссертационного исследования. Все результаты, приведённые в диссертации, получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

**В отзыве ведущей организации:**

1. Считаем, что в цели диссертационной работы «... развитие научных основ выбора и оценки качества ...» следует понимать не «выбор», а «назначение», чему, собственно, и посвящена диссертация. Выбор осуществляется из некоторого Перечня в соответствии с рассматриваемой спецификой. Автор такой формулировкой существенно снизил собственную оценку теоретической значимости выполненных исследований.

2. В работе посвященной риск-анализу, не рассмотрены ГОСТы по менеджменту рисков, в которых, в частности, указана область применения FMEA (с. 21). В связи с этим не определена позиция автора по введенным понятиям в работе - «нормальный риск», «предельно-допустимый риск», «предельный риск (катастрофический риск)», с определениями, используемыми за пределами металлургической отрасли.

3. Формулы (1.4), (2.2) и (2.5), включающие вероятности отказов, основаны на независимости событий, между тем в работе детально рассмотрены взаимосвязанные явления и процессы, для которых такая предпосылка может дать только смещенную оценку этих вероятностей.

4. В п. 2.4 «Качество и риски технологического оборудования» содержится неточность «Наиболее общей характеристикой любой механической системы является качество», поскольку рассматриваются эргатические системы, что далее и убедительно показано соискателем.

5. Рассматриваемое в работе свойство живучести более относится к военной технике, а в рассматриваемой работе оно имело бы смысл сохранения жизни персонала (в первую очередь – крановщика) при катастрофическом отказе.

6. Существенную часть п.3.1.1 можно было бы поместить в приложение.

**В отзыве официального оппонента Д.В. Антипова:**

1. Структура глав диссертационного исследования не в полной мере позволяет проследить полноту описания поставленных автором задач и сформулированных элементов научной новизны. Например, затруднено понимание того, в каких главах и параграфах диссертационного исследования раскрывается решение задачи по построению концептуальных моделей анализа, синтеза и оптимизации состояния и динамики качества основных конструкций кранов. Также не ясно, в каких параграфах показана целесообразность и результативность использования многомерного статистического метода главных компонент для свертки показателей качества.

2. В работе приведено не вполне аргументированное утверждение, что конструктора и изготовители кранов, используемых на металлургических производствах, часто не учитывают чрезвычайно жесткого режима их эксплуатации. Данное утверждение ничем не подтверждено и противоречит традиционным подходам к проектированию и разработке сложной техники.

3. В списке литературы отсутствует важный источник «ГОСТ 4.22-85 Система показателей качества продукции. Краны грузоподъемные. Номенклатура показателей», на основании которого должна решаться вторая задача диссертационного исследования «проведение свертки единичных показателей надежности и безопасности...». Также по тексту диссертации отсутствует анализ данного ГОСТа, что снижает объективность анализа показателей качества.

4. Во 2 главе (таб. 2.1, стр.61) приводятся показатели качества в процессе эксплуатации. В таблице приведены две группы показателей: группа показателей надежности и группа показателей безопасности. Не ясно, почему автором не рассматриваются единичные показатели из ГОСТ 4.22 – 85, такие как «Гамма-процентный ресурс до первого капитального ремонта или до списания», «Установленный ресурс до первого капитального ремонта, ч (машино-час, моточас)»,

«Средняя оперативная трудоемкость ежемесячного технического обслуживания, чел.-ч» и др.

5. В работе не применяются известные и хорошо зарекомендовавшие себя методы управления качеством, например, 7 простых и 7 новых статистических методов управления качеством, FMEA анализ, дерево отказов (FTT), IDEF0 и BPMN моделирование процессов и процедур управления качеством и др. Считаем, что применение данных методов позволило бы более комплексно решать поставленные автором задачи.

6. Выводы по второй, третьей и четвертой главам, а также заключение диссертационной работы не содержат каких-либо количественных и качественных критериев и показателей, что затрудняет оценку результативности и эффективности проделанной работы.

7. Не все рисунки, таблицы и графики, приведенные в диссертационной работе, информативны и понятны для анализа и оценки. Например, во второй главе (рис. 2.1) приводятся обобщенные показатели качества технической системы, но не в полном объеме. В четвертой главе (рис. 4.5) обозначен как алгоритм конструкционного риск-анализа технической системы. Однако, на рисунке приведенная схема не представлена в виде понятной последовательности действий (начало, действия, блоки выбора, блоки принятия решений и т.д.), описывающей конструктивный риск-анализ. Приведенная на рисунке схема описывает лишь некую структуру терминов и понятий конструктивного риск-анализа.

**В отзыве официального оппонента В.Ю. Анцева:**

1. Автор диссертации необоснованно используется термин «гарантийный срок эксплуатации» вместо нормативно установленного «назначенный срок службы». Причем гарантии заводов-изготовителей кранов обычно составляют максимально 18 месяцев, а чаще всего – 12 месяцев.

2. Вывод №2 в «теоретической и практической значимости работы» является очевидным.

3. Автором не указано, как получены значения в таблице 2.2 «Нормирование показателей качества конструкции в процессе эксплуатации» (стр. 63 диссертации).

ции), и не даны рекомендации по заполнению аналогичных таблиц для других видов изделий.

4. Автором не обоснованы данные таблицы 2.5 и рисунка 2.9 (стр. 92 диссертации), из которых следует, что вероятность безаварийной эксплуатации крана с увеличением срока службы возрастает.

5. Глава 3 посвящена расчету напряженно-деформированного состояния при помощи «ЛИРА-САПР», почему именно этот программный комплекс, а не, например, ANSYS?

6. Осталось неясным, почему автор остановился на рассмотрении металлургических кранов ферменной конструкции, которые довольно редко встречаются на действующих металлургических производствах (глава 3 диссертации)? Причем на рисунке 3.2 (стр. 102 диссертации), на котором представлен четырех балочный литейный кран, фермы не видны. Также пролет на данном рисунке составляет 20 м, а речь в п. 3.1.1 идет о пролете 24 м.

7. В диссертации не обоснованы представленные в таблице 4.1 «Назначение уровня риска конструкции» (стр. 152 диссертации) достаточно большие уровни риска, которые для опасных объектов обычно не превышают  $10^{-4}$  отказов в год.

8. Для обоснования представленных в таблице 5.4 «Риск аварийной работы конструкции за пределами гарантийных сроков эксплуатации» (стр. 182 диссертации) исходных данных для оценки риска аварийной работы автору следовало бы использовать какой-либо известный инструмент, например, дерево отказов.

9. Автору следовало бы используемым в разделе 5 терминам «русло» и «джокер» сопоставить термины из предметной области данной диссертации и обосновать значения «джокеров», приведенные в таблицах 5.5-5.4 (стр. 189, 190 диссертации).

10. Приводя на стр. 192 перечень исследуемых состояний конструкции, автор фактически допускает эксплуатацию кранов с магистральными трещинами, что недопустимо.

11. Целью диссертационной работы заявлена оценка фактического технического состояния металлургических кранов и принятие научно-технических решений по ее результатам. Информация, подтверждающая факт достижения цели ра-

боты, разбросана по тексту диссертации. Автор напрасно отказался от написания отдельной главы, в которой были бы приведены соответствующие методики, необходимые расчеты, фактические материалы внедрения результатов.

**В отзыве официального оппонента Ю.С. Ключкова:**

1. В результатах выполненной работы указано, что построены концептуальные модели анализа, синтеза и оптимизации состояния качества основных конструкций кранов на основе риск-анализа, но в явном виде данные концептуальные модели не представлены. Кроме того, хотелось бы более четко увидеть грань между моделью анализа, моделью синтеза и моделью оптимизации.

2. С учетом современных методов принятия решений вызывает сомнение необходимость свертки 15 показателей, так как любая операция свертки приводит к потере информации.

3. Хотелось бы увидеть научное обоснование предлагаемого квалиметрического метода оценки надежности и риска основных конструкций кранов металлургического предприятия как отдельный пункт содержания.

4. Не раскрыт междисциплинарный подход к оценке динамики характеристик безопасной эксплуатации тяжело-нагруженных машин, указанный в выводах к 3 главе диссертации (стр. 147).

5. На рис. 2.6 (стр. 78) отсутствует часть текста.

6. В диссертации имеется два рисунка с номером 2.6.

**В ходе заседания диссертационного совета:**

1. Если рассматривать экономические риски, то следует учитывать, является ли тот или иной агрегат «узким местом» или нет. Кроме того, также следует учитывать местонахождение крана в цехе, а также существующие потоки металла в общем производстве цеха и металлургического предприятия в целом.

2. Некоторые технические термины применены не совсем корректно, а их интерпретация отличается от общепринятой в предметной области научных исследований, что следовало конкретизировать в рамках диссертационной работы.

3. Необходимо было бы рассмотреть возможность встраивания разработанных моделей и алгоритма в существующие он-лайн платформы, применения для обработ-

ки больших массивов данных, создания цифровых двойников оборудования и технологических процессов.

Соискатель Извеков Ю.А. ответил на вопросы, заданные ему в ходе заседания, и привел собственную аргументацию. Нужно разделять технологию и эксплуатацию в методологии обеспечения качества. Различают технологическое и «прочностное качество». Под «прочностным качеством» эксплуатирующихся систем понимается прочность конструкции, ее надежность и безопасность. Риск-анализ здесь позволяет ответить на вопрос – стоит ли устранять какой-либо дефект в рассматриваемой конструкции, остановить производство или можно эксплуатировать до ремонта. Границы применимости предложенного подхода определяют специалисты службы главного инженера, либо специальная аналитическая группа предприятия. Термин «штатная авария» обозначает катастрофическое событие, вероятность которого ничтожно мала, но, тем не менее, оно может произойти. Разработанный методологический подход достаточно универсален и может быть использован и для других видов металлургического оборудования, например, прокатные станы, совокупности мостовых кранов, башенных кранов, различные виды строительных металлоконструкций и др. Иными словами, область применения достаточно широкая: она может охватить все опасные металлургические объекты согласно Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ. При этом использование данного подхода позволит сэкономить средства в рамках металлургического предприятия за счет изменения системы планово-предупредительных ремонтов, регламентов, периодических проверок. «Потребителями» данного анализа могут быть различные аналитические группы, эксперты службы главного инженера предприятия и даже крановщик, который будет оценивать и фиксировать фактическое состояние кранового оборудования. В стандартах по менеджменту риска не сказано, кто может классифицировать показатели качества оборудования. Это может быть проектировщик, собственник оборудования или предприятия, потребитель и др. Поскольку в качестве оцениваемых объектов в рамках настоящего диссертационного исследования было выбрано крановое оборудование за пределами сроков его эксплуатации, то оценка их состояния до начала эксплуа-

тации не проводилась. Для предварительной оценки состояния кранового оборудования использован риск возникновения редких катастрофических событий, подчиняющийся «хи-квадрат» распределению Пирсона. Поскольку для оценки качества кранового оборудования регламентируется 50 показателей, поэтому для удобства расчетов была проведена свертка части показателей, что и привело, в конечном счете, к использованию 9 показателей. Под надежностью в данной работе понимается вероятность безотказной и безаварийной работы. Функция надежности вычисляется на основании статистических данных и вероятности отказов при эксплуатации анализируемого оборудования. Разработанный подход может также использоваться для разработки цифровых двойников оборудования металлургических предприятий, однако, в этом случае, он будет подразумевать использование некоторых допущений. Предлагаемый алгоритм риск-анализа позволяет идентифицировать риск в виде численного значения, при этом напряженно-деформированное состояние по критериям отказов, по первому предельному состоянию, при котором действующие напряжения в определенных зонах могут достигать предела текучести, рассчитывается параллельно, а оценка риска проводится последовательно. Результаты диссертационной работы внедрены в АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ», НИИ «Промбезопасность», ООО «ССЦ «ТехЭксперт». В диссертационной работе априори считается, что изменения величин согласно центральной предельной теоремы подчиняются закону нормального распределения. Кроме этого, исследовались «хи-квадрат» распределение, закон Пуассона. Параметрами управления однородными или неоднородными Марковскими случайными процессами является вероятность состояния конструкции в определенный момент времени, которая может быть изменена, например, путем проведения плановых или планово-предупредительных ремонтов.

На заседании 28.12.2021 г. диссертационный совет принял решение за решение актуальной научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, заключающейся в развитии научных основ выбора и количественной оценки показателей качества объектов металлургического предприятия, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие металлургической промышленности Российской Федерации

присудить Извекову Ю.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 21, против нет.

Председатель  
диссертационного совета



Чукин Михаил Витальевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Полякова Марина Андреевна

28.12.2021 г.