

На правах рукописи

**Князев Александр Васильевич**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА СТАНДАРТИЗАЦИИ НАУКОЕМКОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.

Организация производства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» РТУ МИРЭА на кафедре проблем управления Института искусственного интеллекта и в федеральном государственном бюджетном учреждении «Российский институт стандартизации».

Научный руководитель:

**Черемухина Юлия Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры проблем управления Института искусственного интеллекта, начальник Управления качества и стратегического планирования РТУ МИРЭА

Научный консультант:

**Будкин Юрий Валерьевич**

доктор технических наук, профессор, директор научного центра ФГБУ «Институт стандартизации»

Официальные оппоненты:

**Садковская Наталия Евгеньевна**

доктор технических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры 317

**Шинкевич Алексей Иванович**

доктор технических наук, профессор

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», заведующий кафедрой «Логистики и управления»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Защита состоится «7» октября 2025 г. на заседании диссертационного совета 99.0.152.02 федерального государственного бюджетного учреждения «Российский институт стандартизации» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по адресу: Москва, Миусская пл., 9, конференц-зал (ауд. 443).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре и на официальном сайте <https://mustr.ru> федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Автореферат разослан «     »     2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 99.0.152.02, д.т.н., профессор

А.Ю. Налетов

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

В последние годы для управления процессом стандартизации успешно используются методы и инструменты цифровизации больших массивов данных, принятий решения и взаимодействия с отраслевыми центрами стандартизации в самых различных отраслях экономики и социальной сферы создания нормативных требований к наукоемкой продукции.

Эти задачи цифровизации управления процессом стандартизации наукоемкой продукции сформулированы в следующих нормативно-правовых документах: Указ Президента РФ от 07 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», документах принятых Правительством РФ, Минпромторгом России, национальной программе по теме цифровой трансформации отраслей промышленности.

Стремительный рост научно-обоснованного решения задач управления качеством процесса стандартизации обусловлен увеличением количества собираемых данных о назначении и физической природе разнородной наукоемкой продукции в различных отраслях промышленности, в том числе в химической и радиоэлектронной промышленности, имеющими важное значение для обеспечения технологического суверенитета РФ, при этом не имеющими совместимости с релевантными научными публикациями в реферативных базах терминов по составу и свойствам новой наукоемкой продукции.

В настоящее время отсутствуют методы управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции с гармонизацией между кодами УДК, ОКС, сложным объектом стандартизации и реферативными базами терминов по составу и свойствам новой наукоемкой продукции на этапе подготовки технического задания (не проводится анализ соответствия современному научному уровню), экспертизы (формальное присвоение кодов УДК/ОКС без учета актуального состояния научных исследований) и классификации (коды УДК/ОКС не соответствуют современным научным тенденциям), что приводит к снижению качества разработки стандартов на сложные объекты стандартизации и увеличивает время выхода на рынок наукоемкой продукции.

Таким образом, научная задача управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции на основе использования моделей и алгоритмов управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции, отличающихся полнотой охвата задач, специфичных для сложного объекта стандартизации, обеспечивающие увязку базы данных процесса стандартизации с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам, автоматизацию процессов обработки информации с учетом цифровой зрелости организаций-разработчиков стандартов, является задачей, решение которой имеет важное значение для обеспечения технологического суверенитета РФ.

**Степень разработанности темы.** Исследования в области управления качеством и организации производства излагаются в трудах ведущих ученых: академика РАН В.П. Мешалкина, академика РАН В.В. Окрепилова, академика РАН Г.Г. Азгальдова, член-корреспондента РАН А.И. Костогрызова, академика РАН И.А. Шеремета, профессора В.Н. Козловского, профессора В.А. Васильева, С.А. Одинокова, В.Я. Белобрагина, И.З. Аронова, профессора Ю.В. Будкина, А.В. Гличева, А.К. Гастева, Б.А. Дубовикова, Б.В. Гнеденко, Т.Ф. Сейфи, В.В. Бойцова, Б.В. Бойцова, В.Г. Версана, Б.Л. Бенцмана, Ю.П. Адлера, И.М. Германа, Б. С. Мигачева, В. А. Новикова, А.И. Шинкевича, Н.Е. Садковской, М.С. Остапенко и других.

Основные концепции управления качеством изложены в трудах иностранных учёных: К. Исикавы, У. Деминга, Ф. Кроссби, А. Фейгенбаума, Дж. Джурана, Г. Тагути, Ф. Тейлора, Г. Эмерсона, У. Шухарта, Э. Голдратта и других.

Особенности цифровизации национальной системы стандартизации изложены в работах А. П. Шалаева, М. Е. Ставровского, А. В. Цыrkова, А. В. Рагуткина, С. В. Гарбука, С. В. Трофимова, Д. Е. Миронова, С. А. Головина, Б. М. Позднеева, А. В. Зажигалкина, В. Ю. Саламатова, А.В. Докукина, Г.П. Бунина, М.Л. Рахманова, А.Н. Барыкина, С.Л. Таллера, В.Г. Шолкина, В.Е. Галкина.

Существенный вклад в развитие решений по цифровизации внесен А.И. Боровковым, А.И. Громовым, и др.

Следует отметить ряд интересных диссертационных работ по анализу процессов цифровой трансформации (Одинокоев С.А. 2.5.22, 2023 г.; Рагуткин А.В.,

2.5.22, 2023 г.; Миронов Д.Е., 5.2.3, 2024 г.; Юрин Д.С., 2.5.22, 2023 г.; Иванов М.В., 2.5.22, 2025 г.). Однако в этих работах подробно не рассматриваются вопросы влияния цифровой трансформации на управление процессом стандартизации наукоемкой продукции.

**Цель работы** – совершенствование моделей и алгоритмов управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции на основе широкого использования современных инструментов цифровизации процедур принятия решений с учетом сложности процессов стандартизации и особенностей новой наукоемкой продукции.

**Объект исследования** – процесс стандартизации наукоемкой продукции.

**Предмет исследования** – совершенствование качества и результативности процесса стандартизации наукоемкой продукции на основе применения моделей и алгоритмов цифровизированного управления качеством стандартизации наукоемкой продукции.

**Задачи работы:**

1. Системный анализ современных научных исследований по методам и инструментам управления качеством процесса стандартизации, с учетом технических требований к новой наукоемкой продукции.

2. Разработать логико-информационную модель сложного бизнес-процесса, инфо-логическую модель обработки данных и концептуальную модель управления качеством сложного процесса стандартизации наукоемкой продукции для принятия научно-обоснованных решений на этапах процесса стандартизации наукоемкой продукции.

3. Разработать алгоритм расчета критериев качества процесса с обоснованием их выбора для стандартизации наукоёмкой продукции.

4. Разработать алгоритм оценки цифровой зрелости организации-разработчика стандартов для гармонизации с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам новой наукоемкой продукции.

5. Разработать алгоритмы мониторинга показателей качества и управления результативностью сложного процесса стандартизации новой наукоемкой продукции.

6. Разработать архитектуру, режимы функционирования и методики

применения программного обеспечения расчета критериев качества и управления результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции.

7. Применить разработанное программное обеспечение управления качеством процесса стандартизации новых наукоемких полимерных композиционных материалов и новых интегральных микросхем.

### **Научная новизна**

1. Разработана логико-информационная модель сложного бизнес-процесса стандартизации наукоемкой продукции (вещества высокой чистоты, специальные композиционные материалы, люминофоры, сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности, углеродные нанотрубки, аддитивные технологии, метаматериалы, радиоэлектронные устройства), отличающаяся отображением взаимосвязей всех структурных этапов жизненного цикла и использованием всех видов ресурсов на этапах сложного процесса стандартизации, что обеспечивает возможность принимать научно-обоснованные решения по оценке показателей качества и результативности процесса стандартизации наукоемкой продукции (п. 9 паспорта специальности 2.5.22).

2. Разработана концептуальная модель процесса стандартизации сложной наукоемкой продукции, отличающаяся применением процедур расчета показателя цифровой зрелости организации-разработчика стандартов, что позволяет устанавливать отклонения показателя от заданных значений и прогнозировать результативность процесса стандартизации наукоемкой продукции (п. 9 паспорта специальности 2.5.22).

3. Разработан алгоритм оценки уровня цифровой зрелости организации-разработчика стандартов, отличающийся согласованием баз данных процесса стандартизации с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам наукоемкой продукции, что позволяет выполнять автоматизацию процессов обработки информации при стандартизации наукоемкой продукции (п. 5 паспорта специальности 2.5.22).

4. Разработан алгоритм расчета критериев качества процесса стандартизации наукоёмкой продукции, отличающийся применением процедур обработки и определения ошибок чтения данных, нормирования значений и расчёта взвешенных

сумм частичных значений критериев, визуализацией статистических данных в виде диаграмм и тепловой карты, что позволяет сократить время расчета отклонений значений критериев качества от нормативных величин на этапах жизненного цикла и повысить результативность сложного процесса стандартизации разработки наукоемкой продукции (п. 5 паспорта специальности 2.5.22).

5. Разработан алгоритм управления результативностью процесса стандартизации наукоёмкой продукции, отличающийся применением процедур расчёта среднего значения критериев длительности выполнения этапов жизненного цикла процесса стандартизации, процедур расчёта значения стандартного отклонения в интервале  $3\sigma$  и нормального распределения значения времени выполнения этапов процесса, процедур визуализации статистических данных в виде диаграмм, что позволяет принять научно-обоснованные решения по повышению результативности сложного процесса стандартизации новой наукоемкой продукции (п. 9 паспорта специальности 2.5.22).

6. Практически использованы методики применения программного обеспечения оценки расчета критериев качества и управления результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции, отличающиеся применением процедур индикации отклонений рассчитанных значений критериев качества процесса стандартизации от заданных нормативных требований при обеспечении синхронного взаимодействия с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам наукоемкой продукции, что позволяет предотвращать несоответствия рассчитанных значений критериев качества установленным требованиям и обеспечивает принятие научно-обоснованных управленческих решений на всех этапах жизненного цикла процесса стандартизации наукоёмкой продукции (п. 9 паспорта специальности 2.5.22).

### **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость работы состоит в совершенствовании методов стандартизации посредством разработки и внедрения моделей и алгоритмов управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции, методов оценки качества и прогнозирования качества процесса стандартизации в цифровой среде.

Практическая значимость заключается в применении разработанных методов, алгоритмов, программного обеспечения, критериев качества и результативности, которые позволили разработать стандарты в области численного моделирования свойств полимерных композиционных материалов. Разработанное программное обеспечение применяется при разработке национальных стандартов и апробировано при разработке предварительных национальных стандартов (ПНСТ) в области численного моделирования ПНСТ 670–2022 и ПНСТ 791–2022 и национальных стандартов ГОСТ Р 57700.42–2023 и ГОСТ Р 57700.43–2023 в ФГБУ «Институт стандартизации».

Полученные научные и практические результаты работы применяются в учебном процессе РТУ МИРЭА при изучении фундаментальных дисциплин «Стандартизация в управлении качеством на предприятии» магистрантов по направлениям подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

Разработана и применена база данных «Информационная база данных для обеспечения работы по осуществлению результативности процесса разработки документов по стандартизации» (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025622348 от 29.05.2025). Разработана и применена программа для ЭВМ «Программа для реализации алгоритма оценки критериев качества процесса стандартизации наукоёмкой продукции» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025667888 от 09.07.2025). Разработана и направлена на регистрацию программа для ЭВМ – «Программа для реализации алгоритма управления результативностью процесса стандартизации наукоёмкой продукции».

**Методология и методы исследования.** Методология исследования основана на системном анализе, методах решения научно-методических, теоретических задач, системного анализа и обобщения с помощью аналитической платформы «Логинорм», теории и исследования данных. Исследование и обработка статистических данных в работе выполнена с применением классической вероятностно-статистической модели количественной оценки.

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

1. Концептуальная модель процесса стандартизации наукоемкой продукции.
2. Алгоритм расчета значений критериев качества процесса стандартизации наукоемкой продукции, реализованный в форме программного обеспечения.
3. Алгоритм оценки цифровой зрелости организации-разработчика стандартов.
4. Алгоритмы мониторинга показателей качества и управления результативностью сложного процесса стандартизации новой наукоемкой продукции.
5. Архитектура, режимы функционирования и методики применения программного обеспечения расчета критериев качества и управления результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции.

**Степень достоверности и апробация результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования апробированы на конференциях международного и российского уровня в период 2020-2024 гг.: «Современные проблемы внедрения элементов бережливого производства», (Ульяновск, 2020 г.), «Стандартизация и техническое регулирование: современное состояние и перспективы развития», (Москва, 2020 г.), «Управление качеством» (Москва, 2021-2022 гг.), «ИТ-Стандарт 2021» (Москва, 2021 г.), «Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики» (Екатеринбург, 2021 г.), «Цифровизация техносферы: научный подход» (Москва, 2022-2023 гг.), «Цифровые технологии и управление качеством в технических системах» (Москва, 2022 г.), «Technology Enhanced Learning in Higher Education» (Липецк, 2022-2023 гг.), «Менеджмент качества, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии» (Нальчик, 2024 г.).

**Область исследования** соответствует пунктам 3, 5 и 9 паспорта научной специальности 2.5.22: «Научные основы и совершенствование методов стандартизации и менеджмента качества (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование качества) объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции» (см. раздел диссертации «Глава 1»), «Методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством» (см. раздел диссертации «Главы 2-4»), «Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов» (см. раздел диссертации «Главы 2-4»).

**Реализация и применение результатов квалификационной работы** использованы при выполнении государственных контрактов и НИР Минпромторга России и Росстандарта (№ 130-19/2021 от 18.03.2021, № 130-27/2022 от 28.03.2022).

Полученные научные и практические результаты применяются в РТУ МИРЭА при достоверном обеспечении основного процесса разработки НИР и ОКР в системе менеджмента качества научно-исследовательских подразделений РТУ МИРЭА, разработки НИР в ряде организаций, выполняющих работы по стандартизации.

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ общим объемом 4,2 п. л. (личный авторский вклад 2,8 п. л.), включая 9 работ в рецензируемых научных изданиях ВАК и 3 статьи в журналах, индексируемых международными базами Scopus. Получено 1 свидетельство на регистрацию базы данных и 1 свидетельство на регистрацию программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации** Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованной литературы и приложений. Текст диссертации изложен на 154 страницах, содержит 28 рисунков и 23 таблицы, общий объем с учетом приложений составляет 169 страниц.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** изложено обоснование актуальности темы научного исследования; сформулированы цель и задачи работы, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость; приведены сведения об апробации; изложены основные положения, выносимые на защиту, информация о публикациях, структуре и объеме диссертации.

**В главе 1 «Системный анализ современных научных исследований по методам и инструментам управления процессом стандартизации»** рассмотрены направления интеграции современных цифровых инструментов для повышения достоверности и результативности процесса стандартизации. Системный анализ методов и инструментов управления качеством процесса стандартизации позволил обосновать необходимость разработки инфо-логической модели данных, концептуальной модели процесса стандартизации для обеспечения повышения качества процесса, его результативности и уровня цифровой зрелости. Результат анализа позволил сформулировать цель и актуальность решаемых задач.

В главе 2 «Разработка концептуальной и инфо-логической моделей управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции» обоснован выбор критериев качества и разработана инфо-логическая модель данных для управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции; разработана концептуальная модель цифровой зрелости организации-разработчика стандартов наукоемкой продукции; разработан алгоритм расчета критериев качества процесса стандартизации наукоемкой продукции; разработан алгоритм оценки уровней цифровой зрелости организации-разработчика стандартов, относящихся к высоким уровням сложности объектов стандартизации наукоемкой продукции (материалы, технологии, изделия); разработан алгоритм мониторинга процесса, управления результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции.

Логико-информационная модель сложного бизнес-процесса стандартизации наукоемкой продукции представлена в нотации моделирования бизнес-процессов (рис. 1).

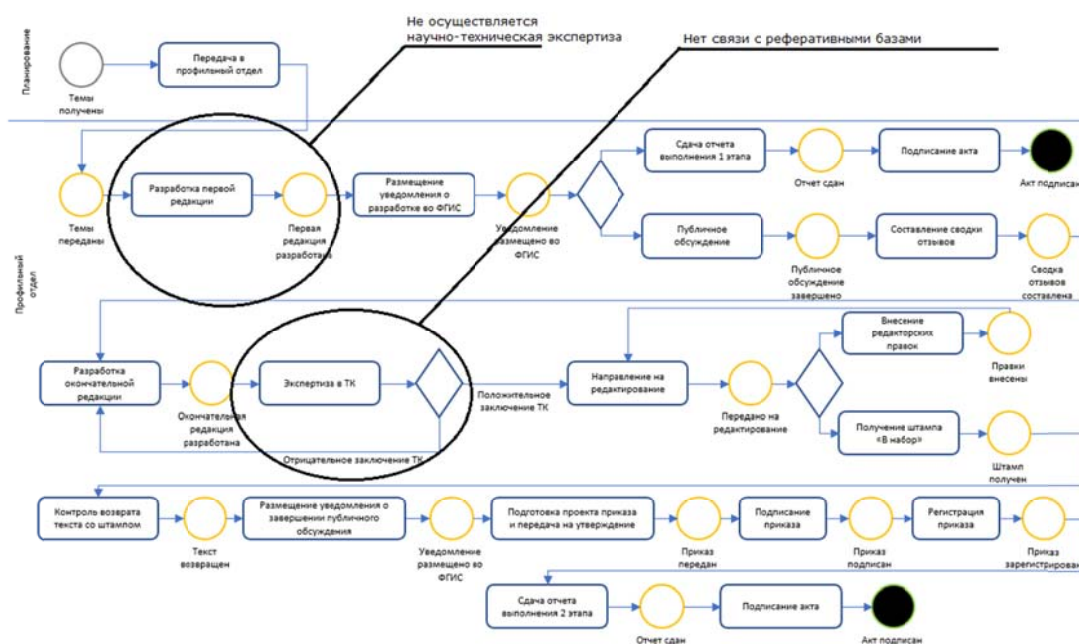


Рисунок 1 – Логико-информационная модель сложного бизнес-процесса стандартизации наукоемкой продукции

Модель включает в себя этапы разработки первой редакции стандарта и экспертизы в техническом комитете по стандартизации. Характерной особенностью модели является семантическая связь между этапами (действие), точкой принятия

решения и результатом выполнения этапов (событие), описывающих структуру, функциональность и вариативность процесса разработки стандарта с учетом информации, технического обеспечения и кадровых ресурсов организации-разработчика. Определены области, для которых целесообразно обеспечить взаимосвязь применяемой терминологии в стандарте с реферативными базами данных, определить научно-технический уровень проекта стандарта и критерии оценки качества процесса (рис. 1).

Логико-информационная модель детализирует структурные этапы жизненного цикла процесса, представляя его в унифицированном виде и обеспечивая идентификацию потенциальных этапов, где возможно возникновение несоответствий. Систематическое выявление, измерение и оценка потенциальных несоответствий и их влияния на качество процесса обуславливает необходимость выбора критериев качества. Выбор критериев качества осуществлен методом DPMO (Количество несоответствий на миллион возможностей), установил число количество несоответствий.

При планировании разработки модели процесса стандартизации наукоемкой продукции целесообразно обеспечивать взаимосвязь логико-информационной модели с существующими ресурсами организации-разработчика стандарта. Моделирование процесса стандартизации наукоемкой продукции осуществлено в два этапа. Первый этап – создание формализованного представления данных, их взаимосвязей и правил обработки. Инфо-логическая модель строится первой, её создают на предпроектной стадии. Инфо-логическая модель обеспечивает структурирование входных данных (сроки выполнения этапов, частота возникновения несоответствий, увязка шифра ПНС с кодами ОКС и УДК), позволяя фиксировать каждый этап процесса стандартизации с определенной маркировкой - метками времени и ответственных специалистов, что обеспечивает точность и полноту данных для анализа событий.

Второй этап – интеграция логико-информационной модели в информационную архитектуру организации-разработчика стандарта. Структура концептуальной модели включает бизнес-архитектуру - «Цели» (определение ролей, этапов процесса время разработки документа), информационную архитектуру - «Процессы» (моделирование потоков данных на основе инфо-логической модели), прикладную архитектуру –

«Приложения» (программное обеспечение: СЭД, ВРМ-системы, ИИ) и технологическую архитектуру (облачные хранилища и API для интеграции) (рис. 2).

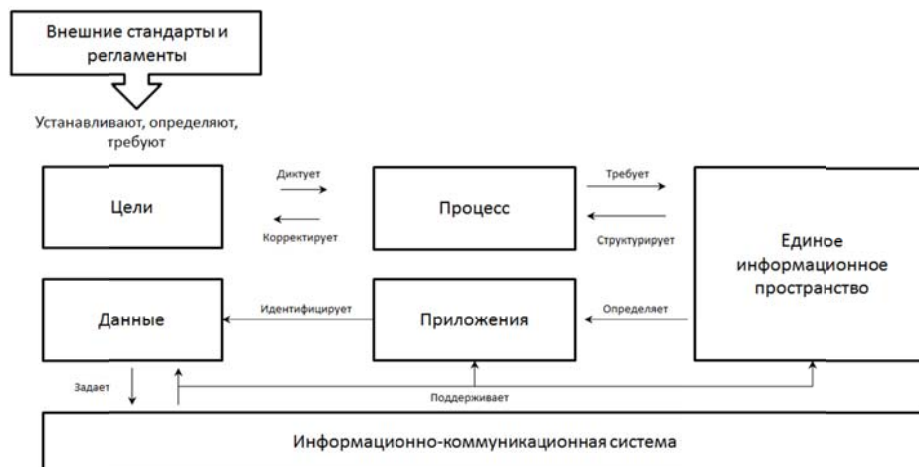


Рисунок 2 – Концептуальная модель процесса стандартизации наукоемкой продукции

Разработка высокоуровневой концептуальной модели на основе логико-информационной модели определила необходимость наличия в архитектуре процесса таких элементов как «Данные», «Приложения», «Единое информационное пространство» и «Информационно-коммуникационная система» для цифровизации управления качеством процесса, которые являются критериями при расчёте уровня цифровой зрелости организации-разработчика стандарта по шкале из пяти уровней. Элемент «Цели» позволяет определить целевой уровень заданного критерия оценки цифровой зрелости (4), выполнить оценку текущего уровня (2) и осуществить корректирующие действия для достижения целевого уровня, что обеспечивает прогнозирование результативности процесса.

Концептуальная модель как высокоуровневая архитектура определила показатели для измерения уровня цифровой зрелости, которое реализовано через разработку алгоритма оценки уровня цифровой зрелости организации-разработчика стандартов. Реализация данного алгоритма позволяет оценить степень интеграции информационно-коммуникационной системы в процесс стандартизации наукоемкой продукции, использование данных при цифровизации процесса.

Для количественной оценки критериев качества процесса стандартизации разработан алгоритм, который включает в себя методы сбора и обработки данных, а также инструменты для анализа и интерпретации результатов. Это позволяет

объективно оценить качество и результативность процесса и выявить области для улучшения (рис. 3).

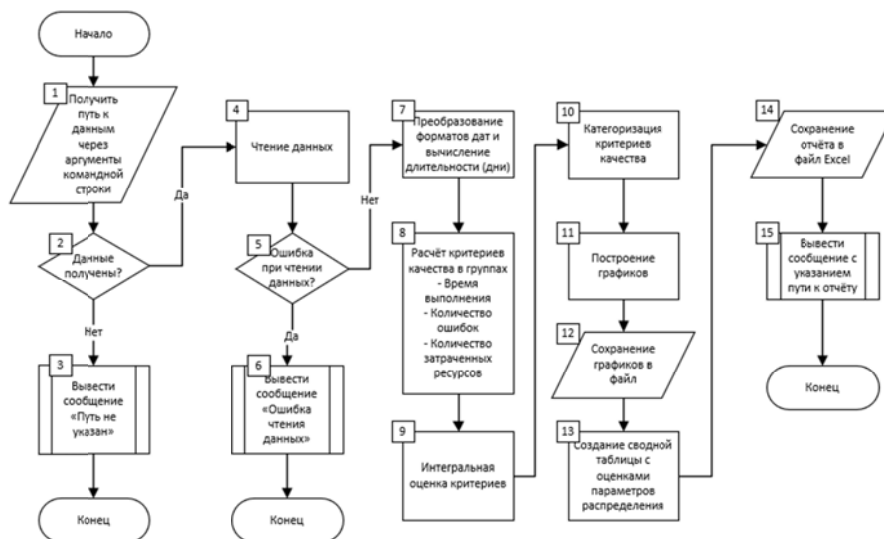


Рисунок 3 – Алгоритм расчета критериев качества процесса стандартизации наукоемкой продукции

Алгоритм основан на обработке данных, которые получены из информационно-коммуникационной системы (рис.2). Применение процедур обработки и определения ошибок чтения данных определяет число отклонений от установленных требований, выполнение установленного срока, достаточность кадрового потенциала, гармонизацию ОКС с УДК. Сформирована единая шкала измерений критериев от 0 до 1. Определено качество процесса стандартизации по формуле расчёта взвешенных сумм.

$$Q_{БП} = d_T(1 - T_{БП}) + d_P(1 - P_{БП}) \quad (1)$$

где  $d_T$  – удельный вес важности затрат времени на процедуры процесса (в долях);  $d_P$  – удельный вес важности показателей результативности процедур процесса (в долях).  $T_{БП}$  и  $P_{БП}$  – выполнение срока и результативность.

Разработан алгоритм управления результативностью, основанный на разработанных диапазонах ранжирования критериев качества процесса стандартизации: время выполнения процесса - от 183 до более 365 дней, оценка критериев качества - от «Предельно низкое время ожидания» (0  $\sigma$ ), до «Предельно высокое время ожидания» (3  $\sigma$ ). Установлены допустимые отклонения для принятия корректирующих мер – информации, технического обеспечения и кадровых ресурсов.

Разработан алгоритм оценки уровня цифровой зрелости организации-разработчика стандартов наукоемкой продукции, который обеспечивает обработку входных данных информационно-коммуникационной системы, измерение и индикацию пяти уровней цифровой зрелости организации-разработчика стандартов. Применение разработанного алгоритма выявило повышение уровня цифровой зрелости на 19,4 %, который обеспечивает возможность формирования единого информационного пространства для гармонизации с реферативными базами данных (ОКС, УДК) на этапе разработки и экспертизы проектов стандартов, обеспечивая подтверждение их соответствия области наукоемкой продукции.

**В главе 3 «Разработка программного обеспечения цифровизированного управления качеством и результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции»** научно обоснован выбор стандартной системы управления базами данных для обеспечения качества процесса стандартизации наукоемкой продукции; разработана архитектура и режимы функционирования программного обеспечения расчета критериев качества, управления результативностью процессом стандартизации наукоемкой продукции; разработана методика применения инструментов распределенных реестров при цифровизированном управлении качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции. Обоснованный тип системы управления базами данных обеспечивает совместимость, надежность, поддержку, безопасность, масштабируемость, интеграцию с уже применяемыми в организациях цифровизированными инструментами за счёт обеспечения интероперабельности.

Режимы функционирования программного обеспечения расчета критериев качества процесса стандартизации наукоемкой продукции обеспечивают индикацию отклонений рассчитанных значений критериев качества процесса стандартизации от заданных нормативных требований при обеспечении синхронного взаимодействия с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам наукоемкой продукции. Выполнен расчёт итогового критерия качества  $Q_{БП}$  по формуле 1.

Корректность программного обеспечения основывается на предположении о востребованности стандарта, т.е. на факте участия стандарта в трансфере знаний. Если разработанный стандарт оказывается не востребованным наукоемкими

предприятиями, то он фактически не участвует в передаче новых знаний (информации) и не содействует научно-техническому прогрессу. Результат расчёта с применением эмпирических данных установил повышение качества на 20%.

**В главе 4 «Результаты практического применения моделей и алгоритмов цифровизированного управления качеством процесса стандартизации наукоемкой продукции»** разработана методика практического применения программного обеспечения расчета критериев качества процесса стандартизации наукоемкой продукции; представлены практические результаты цифровизированного управления качеством процесса стандартизации технологий наукоемких полимерных композиционных материалов; разработана методика практического применения программного обеспечения управления результативностью процесса стандартизации наукоемкой продукции; представлены практические результаты оценки результативности высококачественного процесса стандартизации этапов технического проектирования наукоемкой радиоэлектронной продукции.

Разработаны 7 стандартов в области численного моделирования изделий из полимерных композиционных материалов и виртуальные испытательные стенды. Модели и алгоритмы внедрены при разработке 29 стандартов организации, обеспечивающих процесс разработки НИР и ОКР в системе менеджмента качества РТУ МИРЭА.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Проведен системный анализ современных научных исследований по методам и инструментам управления качеством процесса стандартизации в соответствии с требованиями к разработке стандартов наукоемкой продукции, что позволило классифицировать методы и инструменты управления в 5 групп, научно обоснованы направления совершенствования инструментов цифровизации управления качеством процесса стандартизации.

2. Разработаны логико-информационная модель сложного бизнес-процесса, инфо-логическая модель обработки данных и концептуальная модель управления качеством сложного процесса стандартизации наукоемкой продукции, что позволило принимать научно-обоснованные решения на этапах процесса стандартизации наукоемкой продукции.

3. Разработан алгоритм расчета критериев качества процесса и научно-обоснован их выбор для стандартизации наукоёмкой продукции.

4. Разработан алгоритм оценки цифровой зрелости организации-разработчика стандартов, что обеспечило гармонизацию с реферативными базами данных терминов по составу и свойствам новой наукоёмкой продукции, повышение уровня цифровой зрелости организации-разработчика стандартов на 19,4 %.

5. Разработана архитектура, режимы функционирования и методики применения программного обеспечения расчета значений научно-обоснованных критериев качества и управления результативностью процесса стандартизации наукоёмкой продукции, что позволило сократить время выполнения процесса стандартизации на 36 дней.

6. Представлены результаты практического применения разработанного программного обеспечения управления качеством процесса стандартизации новых наукоёмких полимерных композиционных материалов и новых интегральных микросхем. Рекомендуется использовать результаты диссертационного исследования при формировании стратегий развития стандартизации в области виртуальных испытаний полимерных композиционных материалов как наукоёмкой области стандартизации, соответствующей уровням сложности объектов стандартизации 7-10.

### **ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Научные статьи в изданиях ВАК по специальности 2.5.22:

1. Князев А. В. Перспективы создания нормативно-методической базы и применения технологий виртуальной и дополненной реальностей в современном промышленном производстве // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 12(126). – С. 104-106. (№ 1562 перечня ВАК от 27.04.2022);

2. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Проблематика разработки стандартов по обеспечению развития метавселенных // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2022. – № 4. – С. 61-66. (№ 643 перечня ВАК от 20.12.2022);

3. Будкин Ю. В., Фролов В. А., Князев А. В. Метод выбора показателей качества изделий в условиях неполной информации о результатах испытаний образцов аналогичного функционального назначения // Технология машиностроения. – 2022. – № 6. – С. 43-50. (№ 2312 перечня ВАК от 27.04.2022);

4. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Нормативно-методическое обеспечение стандартизации технологии блокчейн // Омский научный вестник. – 2023. – №. 2 (186). – С. 91-96 (№ 1909 перечня ВАК от 31.05.2023);

5. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Применение системы мониторинга и прогнозирования в автоматизации процесса разработки документов в области стандартизации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 258-267. (№ 1357 перечня ВАК от 08.10.2024);

6. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Разработка показателей оценки эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации с применением информационных технологий // Омский научный вестник. – 2024. – № 2(190). – С. 37-42. (№ 2052 перечня ВАК от 08.10.2024);

7. Князев А. В. Современное состояние нормативной базы по стандартизации управления качеством данных // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 92-97 (№ 1357 перечня ВАК от 08.10.2024);

8. Князев А. В. Методическое обеспечение управления качеством данных, применяемых в процессах разработки документов по стандартизации // Петербургский экономический журнал. – 2024. – № 3. – С. 15-27. (№ 2129 перечня ВАК от 08.10.2024);

9. Князев А. В., Будкин Ю.В. Совершенствование методов оценки цифровой зрелости на основе применения стандартов в области управления активами // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 3(84). – С. 10-17. (№ 1454 перечня ВАК от 19.05.2025).

Тезисы докладов на конференциях:

10. Князев А.В., Черемухина Ю.Ю. Управление процессом разработки документов по стандартизации с применением цифровых технологий // Национальная научно-практическая конференция «Цифровые технологии и управление качеством в технических системах», Москва, 5–23 декабря 2022 года. – Москва: РТУ-МИРЭА.