

На правах рукописи

Кузнецов Владислав Андреевич

**Совершенствование методического обеспечения управления
качеством организационно-информационных процессов
конструкторско-технологической подготовки производства
при внедрении PDM-системы**

2.5.22. Управление качеством. Стандартизация.
Организация производства.

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Самара – 2026

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на кафедре обработки металлов давлением.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор **Хаймович Ирина Николаевна.**

Официальные оппоненты:

Кутин Андрей Анатольевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», заведующий кафедрой «Технология машиностроения»;

Головина Евгения Сергеевна, кандидат технических наук, акционерное общество «РН-Проектирование Нефтепереработка», заместитель генерального директора по технологическому развитию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.

Защита состоится 14 декабря 2026 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.379.05, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»: https://ssau.ru/storage/pages/7050/file_6abce9ab0db840.36073075.pdf.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.379.05,
доктор технических наук, доцент

Я. А. Ерисов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современное машиностроительное предприятие функционирует в условиях роста сложности выпускаемых изделий, сокращения сроков подготовки производства, повышения требований к прослеживаемости решений и необходимости обеспечения устойчивого качества продукции на всех стадиях её жизненного цикла. Существенная доля проблем качества конечной продукции формируется не только непосредственно в технологических операциях, но и на более ранних этапах конструкторско-технологической подготовки производства. К таким проблемам относятся использование неактуальной документации, несогласованность состава изделия и технологических маршрутов, дублирование инженерных данных, длительное согласование изменений, недостаточная прослеживаемость решений, а также разрывы информационных потоков между конструкторскими, технологическими, производственными и управленческими подразделениями.

Конструкторско-технологическая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных организационных, технических и информационных процессов, результатом которых являются согласованные комплекты конструкторской и технологической документации, технологические процессы, оснастка, программы для оборудования с числовым программным управлением, нормативно-справочные данные и организационно-распорядительные документы. Эффективность КТПП во многом определяется качеством организации информационного взаимодействия между подразделениями, полнотой и актуальностью инженерных данных, а также возможностью оперативно управлять изменениями.

Одним из наиболее распространённых направлений цифровой трансформации КТПП является внедрение систем управления данными об изделии класса PDM. PDM-система обеспечивает централизованное хранение документов и моделей, управление версиями, классификацию объектов, разграничение прав доступа, поддержку электронных маршрутов согласования и интеграцию с CAD, ERP и MES-средствами. Вместе с тем внедрение PDM-системы не сводится к установке программного продукта. Оно требует анализа и регламентации процессов, согласования информационных потоков, формирования структуры объектов и документов, настройки ролей, маршрутов и интеграционных интерфейсов, обучения пользователей и оценки достигнутых результатов.

Практика показывает, что отсутствие формализованной методики внедрения PDM-системы приводит к переносу в цифровую среду нерациональных процессов, созданию избыточных либо неполных классификаторов, сохранению дублирования данных и невозможности объективно оценить эффективность внедрения. Особенно актуальна данная проблема при переходе к отечественным программным решениям, когда одновременно решаются задачи функционального внедрения PDM - систем, адаптации организационных процессов и обеспечения совместимости с существующей цифровой инфраструктурой предприятия.

Для описания процессов КТПП широко применяется методология SADT/IDEF0. Она позволяет установить состав функций, входов, выходов, управляющих воздействий и механизмов. Однако функциональная модель сама по себе не обеспечивает формирования объектной архитектуры PDM-системы и не содержит средств комплексной оценки качества организационно-информационных процессов после внедрения.

Поэтому актуальной является разработка методического обеспечения, связывающего функциональное моделирование, объектно-ориентированное описание архитектуры PDM-системы, настройку цифровых процессов и многокритериальную оценку эффективности полученного решения.

Степень разработанности темы исследования.

Проблемам организации и моделирования производственных процессов посвящены работы Д.В. Антипова, Г.Н. Калянова, А.А. Багриновского, И.Н. Хаймович, В.И. Ширяева, Дж. Форрестера, Э.Р. Харта и др. Решение проблем организации производственных процессов достигается обеспечением эффективного взаимодействия между сотрудниками предприятия в процессе организации производства изделия, что отражено в работах: М.В. Губко, А.П. Караваева, Н.К. Жуковской, А.А. Матвеева, П.О. Скобелева, А.О. Алексеева, Н.А. Коргина, Ю.М. Пантя, Ю.А. Куксовой и других исследователей.

Значимый вклад в развитие инструментов оценки, мониторинга и управления качеством в промышленности внесли отечественные специалисты: Д.В. Антипов, В.Е. Годлевский, А.В. Васильчук, Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, А.Г. Ивахненко, Д.И. Панюков, Д.В. Айдаров, Х.А. Фасхиев, С.И. Клейменов, М.А. Полякова, С.А. Шанин, В.Л. Шпер, Г.Л. Юнак и др.

Вместе с тем существующие работы преимущественно посвящены отдельным аспектам: описанию процессов, проектированию информационных систем, разработке баз данных, настройке PDM/PLM-решений или расчёту частных экономических эффектов автоматизации. Недостаточно проработана единая методика внедрения PDM-системы в контур КТПП, в которой результаты SADT/IDEF0-моделирования последовательно преобразуются в объектно-ориентированную архитектуру PDM-системы, а эффект внедрения оценивается по взаимосвязанным временным, трудоёмкостным, качественным, интеграционным и инфраструктурным критериям.

Цель исследования – повышение результативности организационно-информационных процессов конструкторско-технологической подготовки производства на основе разработки и апробации методики внедрения отечественной PDM-системы, включающей процессное моделирование, объектно-ориентированное описание архитектуры и интегральную оценку результатов внедрения.

Задачи исследования:

1. Выполнен анализ проблем обеспечения качества организационно-информационных процессов КТПП и существующих подходов к внедрению PDM-систем.

2. Обосновано применение SADT/IDEF0-моделирования для формализации процессов КТПП и процесса внедрения PDM-системы.
3. Разработана методика внедрения PDM-системы, объединяющая функциональное моделирование процессов, формирование объектно-ориентированной архитектуры и оценку результатов внедрения.
4. Разработаны правила формирования перечней сущностей, документов и бизнес-процессов на основе результатов функционального моделирования.
5. Сформирован состав критериев оценки эффективности внедрения PDM-системы, включающий временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные показатели.
6. Предложен интегральный индекс эффективности внедрения PDM-системы и правило принятия решения о готовности решения к тиражированию.
7. Реализация предложенных научно-технических решений и их внедрение в производственную практику.

Область исследования соответствует п. 3: «научные основы и совершенствование методов стандартизации и менеджмента качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции», п. 20: анализ и синтез организационно-технических решений; стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов; п. 23: «разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами» по паспорту специальности 2.5.22 – Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Объектом исследования является организационно-информационные процессы конструкторско-технологической подготовки производства машиностроительного предприятия.

Предметом исследования являются методы, модели и критерии управления качеством организационно-информационных процессов КТПП при внедрении отечественной PDM-системы.

Методы исследования. В работе использованы методы системного анализа, процессного управления, функционального моделирования SADT/IDEF0, объектно-ориентированного моделирования, анализа иерархий, экспертного оценивания, многокритериальной оценки, статистической обработки результатов и проектирования информационных систем.

Научная новизна:

1. Разработана методика внедрения отечественной PDM-системы в контур КТПП, отличающаяся интеграцией SADT/IDEF0-моделирования процессов, объектно-ориентированного описания архитектуры PDM-системы и процедуры оценки достигнутых результатов, что обеспечивает управляемое повышение качества организационно-информационных процессов КТПП.
2. Сформирован состав критериев оценки эффективности внедрения PDM-системы, включающий временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные показатели, отличающийся учётом как результативности цифровизации процессов, так и условий воспроизводимости решения в корпоративной информационной среде.

3. Предложен интегральный индекс эффективности, отличающийся связью нормированных групповых критериев с использованием весовых коэффициентов с дополненным условием готовности к тиражированию, что позволяет обосновывать целесообразность распространения PDM-решения на смежные контуры предприятия.

Практическая значимость заключается в возможности применения разработанной методики при внедрении и развитии отечественных PDM-систем на машиностроительных предприятиях. Методика позволяет сократить трудоёмкость предпроектной подготовки, формализовать состав объектов и документов PDM-системы, повысить прозрачность процессов согласования, обеспечить прослеживаемость изменений и обосновывать решения о распространении цифрового решения на смежные контуры.

Практическая значимость результатов подтверждается актом внедрения ООО «Аскон-Самара», удостоверяющим внедрение результатов работы В. А Кузнецова, связанных с совершенствованием методического обеспечения управления качеством организационно-информационных процессов КТПП на основе организационно-технологических моделей. Предложенные научно-технические решения внесены в практику машиностроительных предприятий и был получен экономический эффект в размене 1,8 млн. руб.

На защиту выносятся:

1. Методика внедрения PDM-системы в КТПП, основанная на последовательном применении SADT/IDEF0-моделирования, объектно-ориентированного описания архитектуры PDM-системы, настройки цифровых бизнес-процессов и оценки результатов внедрения.
2. Система критериев оценки эффективности внедрения PDM-системы, включающая временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные показатели.
3. Интегральный индекс эффективности и правило принятия решения о готовности PDM-решения к тиражированию на смежные контуры предприятия.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, анализе процессов КТПП, разработке методики внедрения PDM-системы, формировании правил перехода от функциональных моделей к объектной архитектуре, разработке состава критериев и расчёта интегрального индекса эффективности, обработке исходных статистических данных, подготовке моделей, проведении апробации и интерпретации результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 работы, из них 3 работы опубликованы в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК при Минобрнауки России.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты диссертационной работы докладывались на XVII Всероссийской научно-практической конференции «Российская наука: актуальные исследования и разработки» (г. Самара, 22 марта 2024 г.) и на международной научно-практической конференции «Актуальные тенденции и инновации в образовании» (г. Москва, 9 июня 2026 г.)

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 110 наименований, двух приложений. Работа изложена на 124 страницах, включая 29 рисунков, 16 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов, положения, выносимые на защиту, сведения о достоверности, апробации, публикациях, личном вкладе автора и структуре работы.

В первой главе выполнен анализ организационно-информационных процессов конструкторско-технологической подготовки производства, рассмотрены особенности их цифровизации и роль PDM-систем в формировании единого информационного пространства предприятия.

Установлено, что КТПП включает процессы создания и согласования конструкторской и технологической документации, ведения структуры изделий, разработки технологических маршрутов, подготовки оснастки и инструмента, создания программ ЧПУ, управления нормативно-справочной информацией и внесения изменений. Ключевыми требованиями к качеству организационно-информационных процессов являются своевременность, полнота, достоверность, актуальность, прослеживаемость и согласованность инженерных данных.

Выявлено, что фрагментация информационных ресурсов, бумажная либо неформализованная передача документации, отсутствие единых правил управления версиями и недостаточная интеграция инженерных и производственных систем формируют риски несогласованности данных и увеличения длительности КТПП. В использованных статистических материалах указано, что в цифровой форме передаётся около 20% конструкторской документации и до 10% технологической документации; использование специализированных APS- и MES-подсистем составляет около 5 и 10% соответственно. Это характеризует существенный резерв повышения качества организационно-информационного взаимодействия (рисунок 1).

Показано, что PDM-система может выступать в роли цифрового ядра КТПП, обеспечивая управление объектами, документами, версиями, доступом, статусами, изменениями и маршрутами согласования. Вместе с тем анализ существующих подходов показал необходимость объединения функционального моделирования процессов, проектирования объектной архитектуры PDM и количественной оценки результатов внедрения.

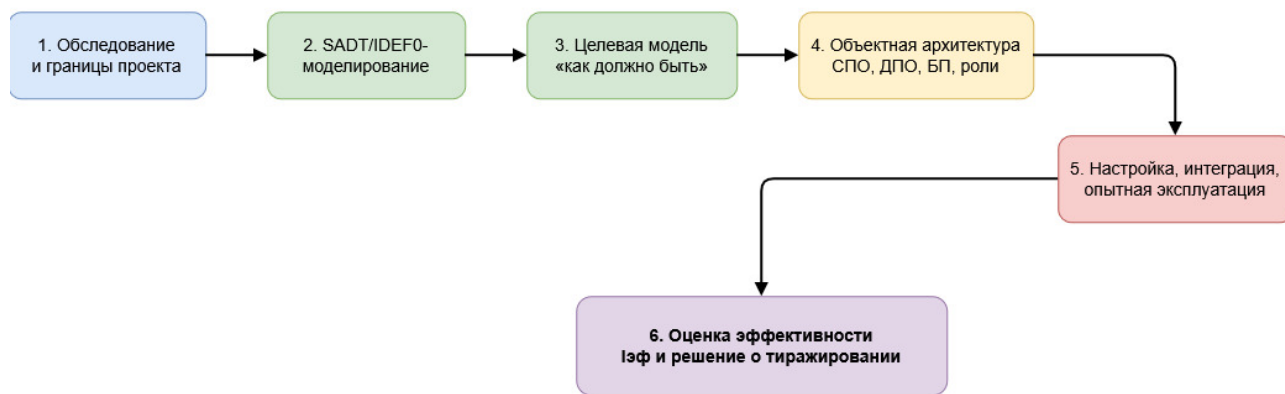


Рисунок 1 – Методика внедрения PDM – системы в контур КТПП

Во второй главе разработана методика внедрения отечественной PDM-системы в контур КТПП. Методика включает восемь взаимосвязанных этапов: инициацию проекта и определение границ внедрения; обследование состояния процессов «как есть»; SADT/IDEF0-моделирование; формирование целевой модели «как должно быть»; разработку объектно-ориентированной архитектуры PDM; настройку и интеграцию системы; опытную эксплуатацию и обучение пользователей; оценку эффективности и принятие решения о тиражировании.

В основу методики положено SADT/IDEF0-моделирование. Для каждой функции F_i используются множества входов $I(F_i)$, выходов $O(F_i)$, управляющих воздействий $C(F_i)$ и механизмов $M(F_i)$:

$$F_i = \langle I(F_i), O(F_i), C(F_i), M(F_i) \rangle.$$

Для формирования исходного перечня информационных объектов рассматривается множество входных и выходных потоков функциональной модели:

$$S = \bigcup_{F_i \in F} (I(F_i) \cup O(F_i)).$$

Множество документов предметной области определяется как:

$$D = \{name(s) \mid s \in S\}.$$

Переход от документов к сущностям предметной области задаётся отображением:

$$entity: D \rightarrow E,$$

где E — множество сущностей предметной области. Тогда:

$$E = \{entity(d) \mid d \in D\}.$$

Базовые бизнес-процессы формируются из функций выбранного уровня декомпозиции. Предложенная последовательность преобразования имеет вид:

IDEF0 – модель → документы → сущности → бизнес – процессы → объектная архитектура PDM → workflow и интеграционные сценарии. (рисунок 2).

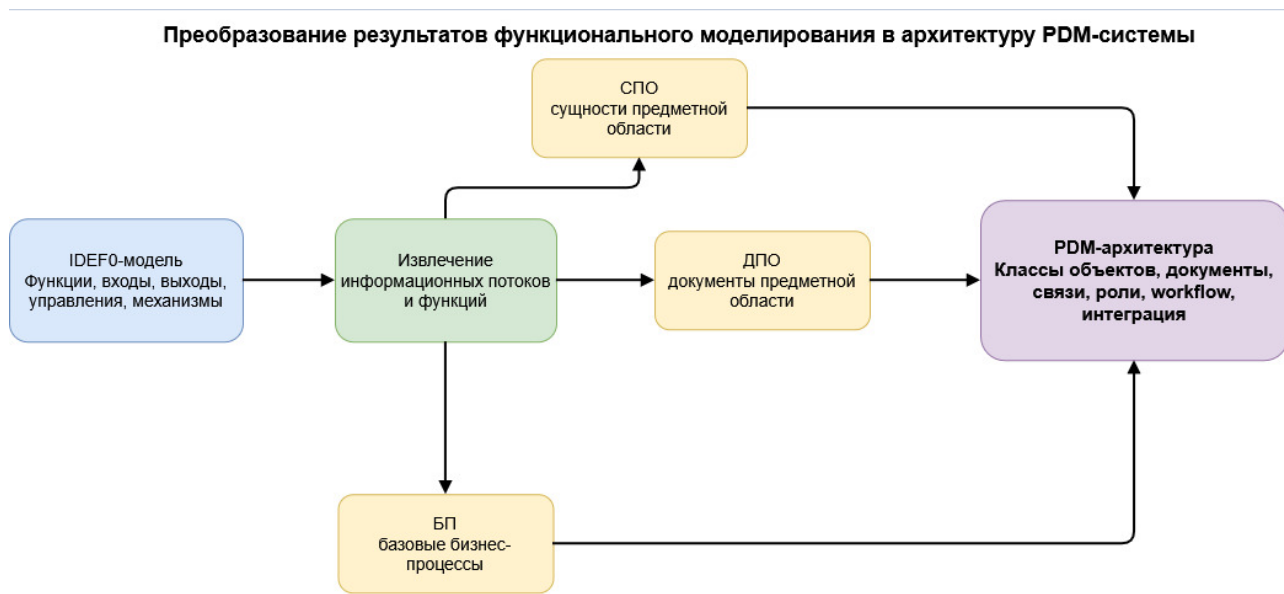


Рисунок 2 – Преобразование результатов функционального моделирования в архитектуру PDM - системы

В результате сформирован состав сущностей предметной области: изделие, сборочная единица, деталь, технологический процесс, оснастка, инструмент, программа ЧПУ, материал, заказ, проект КТПП, подразделение, пользователь, роль, стандарт, норматив, задание и маршрут согласования. Для указанных сущностей определены связи с комплектами КД, ТД, маршрутными и операционными картами, ведомостями оснастки, программами ЧПУ, планами-графиками и отчётами.

Разработано программно-методическое средство, обеспечивающее обработку функциональных моделей, формирование предварительных перечней сущностей, документов и процессов, подготовку табличного представления данных и черновой схемы базы данных. Средство используется как инструмент снижения трудоёмкости предпроектной подготовки и не исключает экспертную верификацию результатов.

В третьей главе сформирован состав критериев оценки эффективности внедрения PDM-системы и разработан расчёт интегрального индекса эффективности.

Качество организационно-информационных процессов КТПП представлено функцией:

$$Q_{\text{оип}} = f(T, L, D, G, S, R),$$

где T — своевременность выполнения процессов; L — трудоёмкость работ; D — достоверность, полнота и актуальность данных; G — согласованность информационных потоков; S — степень стандартизации; R — прослеживаемость документов, решений и изменений.

Для оценки эффективности PDM-системы предложены пять групп критериев: временные K_T , трудоёмкостные K_L , качественные K_Q , интеграционные K_I и инфраструктурные K_F .

Для показателей, уменьшение которых означает улучшение, используется нормирование:

$$k_j = \frac{x_{j0} - x_{j1}}{x_{j0}},$$

где x_{j0} и x_{j1} — значения показателя до и после внедрения соответственно.

Для показателей, увеличение которых характеризует улучшение, применяется выражение:

$$k_j = \frac{x_{j1} - x_{j0}}{x_{j0}}.$$

Групповой критерий определяется как:

$$K_g = \sum_{j=1}^{m_g} w_{gj} k_{gj},$$

где w_{gj} — весовой коэффициент частного показателя, m_g — число частных показателей в группе.

Интегральный индекс эффективности PDM-решения рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{эф}} = \alpha_T K_T + \alpha_L K_L + \alpha_Q K_Q + \alpha_I K_I + \alpha_F K_F,$$

при условии:

$$\alpha_T + \alpha_L + \alpha_Q + \alpha_I + \alpha_F = 1.$$

Для обоснования тиражирования дополнительно вводится показатель готовности:

$$K_{\text{тир}} = \beta_I K_I + \beta_F K_F + \beta_S K_S + \beta_R K_R,$$

где K_S отражает степень стандартизации процессов, а K_R — воспроизводимость конфигурации и результатов (рисунок 3).

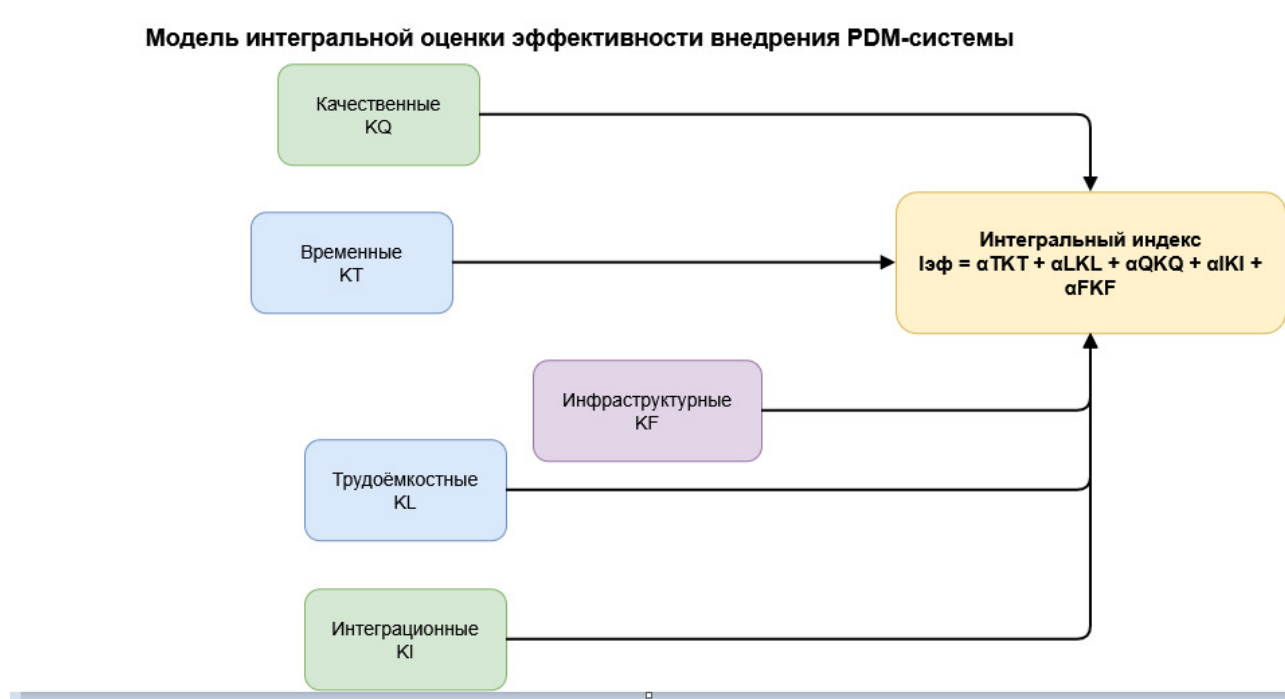


Рисунок 3 – Модель интегральной оценки эффективности внедрения PDM - системы

Решение о тиражировании принимается при выполнении условия:

$$I_{\text{эф}} \geq I_{\text{пор}} \wedge K_{\text{тир}} \geq K_{\text{пор}}.$$

Выполнено нормирование исходных весов критериев комплексной оценки (рис.4). При исходных весах функциональных показателей 9, финансово-экономических 7, социально-экономических 5 и показателей комплексности 6 общая сумма составила 27. Получены нормированные веса: функциональные показатели — 0,3333; финансово-экономические — 0,2593; показатели комплексности — 0,2222; социально-экономические — 0,1852. Наибольший вес имеют функциональные результаты цифровизации, включающие появление новых возможностей, достаточность автоматизации, устранение дублирования и сокращение ошибок.

Принятие решения о готовности PDM-решения к тиражированию

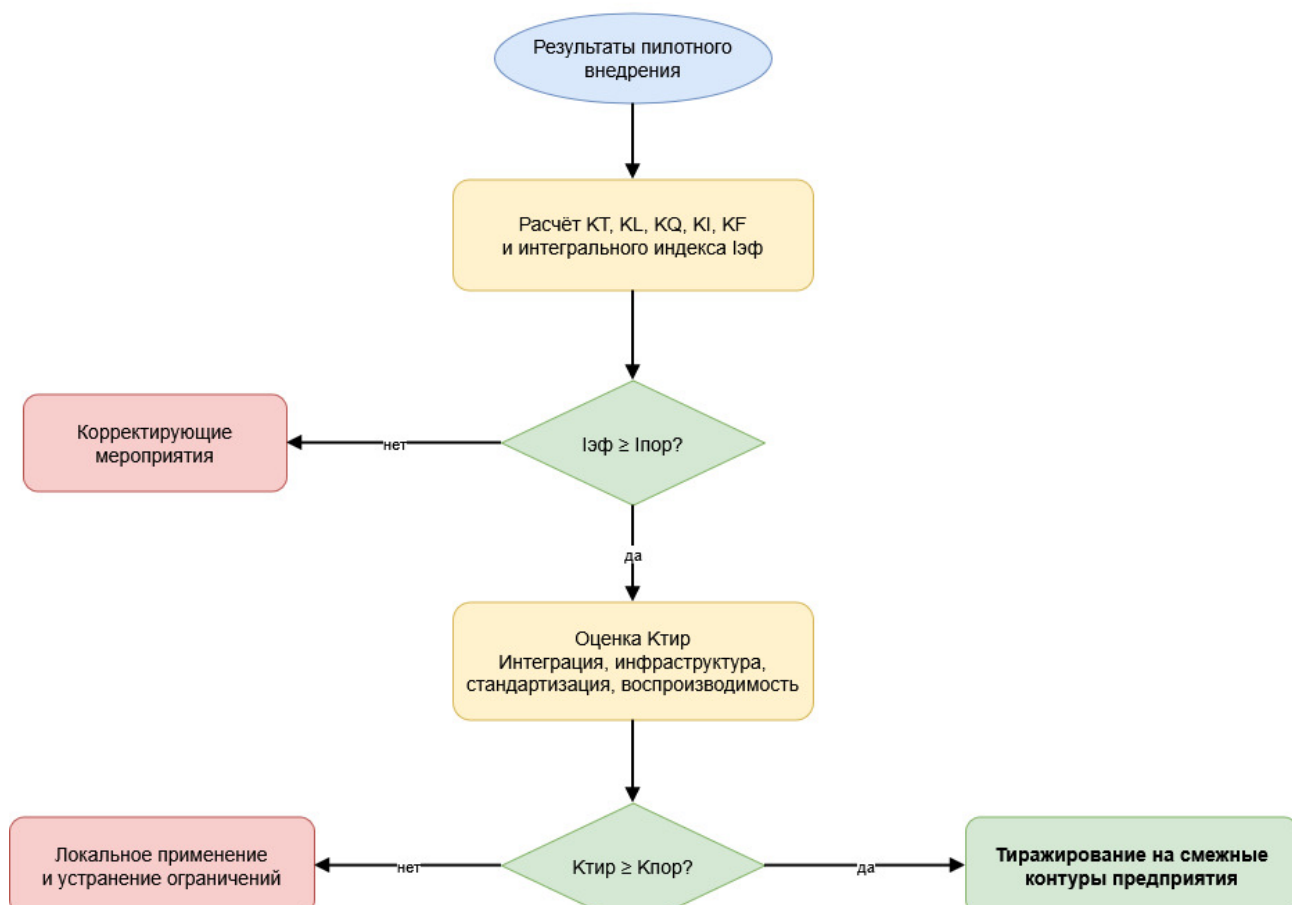


Рисунок 4 – Принятие решения о готовности PDM – системы к тиражированию

В четвертой главе приведены результаты апробации разработанной методики и расчёты приоритетов автоматизации процессов КТПП и отдела планирования и диспетчерирования производства (ОПиДП).

Для КТПП определены десять целевых индикаторов автоматизации. Интегральная оценка каждого индикатора получена как произведение его весовой оценки и приоритета. Суммарная оценка составила:

$$S_{kt,\Sigma} = 634.$$

Наибольшую приоритетность имеют ускорение процессов КТПП и постановки продукции на производство — 100 баллов, обеспечение сохранности технической документации — 90 баллов, разграничение прав доступа — 90 баллов, повышение эффективности взаимодействия подразделений — 80 баллов и накопление информации для повторного использования — 64 балла. Совокупная доля этих пяти направлений составляет:

$$W_{kt}^{(5)} = \frac{100 + 90 + 90 + 80 + 64}{634} \cdot 100\% = 66,88\%.$$

Следовательно, концентрация усилий на пяти приоритетных направлениях позволяет охватить более двух третей общей приоритетности автоматизации КТПП.

Для ОПиДП суммарная приоритетная оценка составила:

$$S_{dp,\Sigma} = 676.$$

Пять наиболее значимых направлений — расчёт сроков изготовления заказов, максимизация загрузки оборудования, расчёт потребности в материалах и комплектующих, повышение эффективности взаимодействия подразделений и получение актуальной информации о состоянии заказов — имеют суммарную оценку 460 баллов. Их доля составляет:

$$W_{dp}^{(5)} = \frac{460}{676} \cdot 100\% = 68,05\%.$$

Совокупная оценка двух контуров составляет:

$$S_{\text{общ}} = 634 + 676 = 1310.$$

Доля КТПП равна:

$$W_{kt} = \frac{634}{1310} \cdot 100\% = 48,40\%,$$

а доля ОПиДП:

$$W_{dp} = \frac{676}{1310} \cdot 100\% = 51,60\%.$$

Полученные результаты показывают сопоставимую значимость КТПП и ОПиДП в общей системе автоматизации. Вместе с тем КТПП является источником исходных конструкторских, технологических и нормативно-справочных данных для производственного планирования и диспетчеризации. Поэтому обоснована стратегия последовательного развития цифрового контура: формирование PDM-ядра КТПП, последующая интеграция с процессами ОПиДП и дальнейшее сопряжение с ERP, APS и MES.

Показатель комплексности автоматизации определяется двумя составляющими: автоматизацией КТПП и автоматизацией ОПиДП. Если реализован только контур КТПП, нормированная оценка комплексности равна:

$$K_k = \frac{5}{10} = 0,50.$$

При реализации комплексного решения КТПП и ОПиДП:

$$K_k = \frac{5 + 5}{10} = 1,00.$$

Это подтверждает целесообразность поэтапного внедрения: пилотный PDM-контур КТПП обеспечивает половину максимально возможной оценки комплексности, а его развитие в направлении интеграции с ОПиДП создаёт условия для достижения полного охвата (рисунок 5).

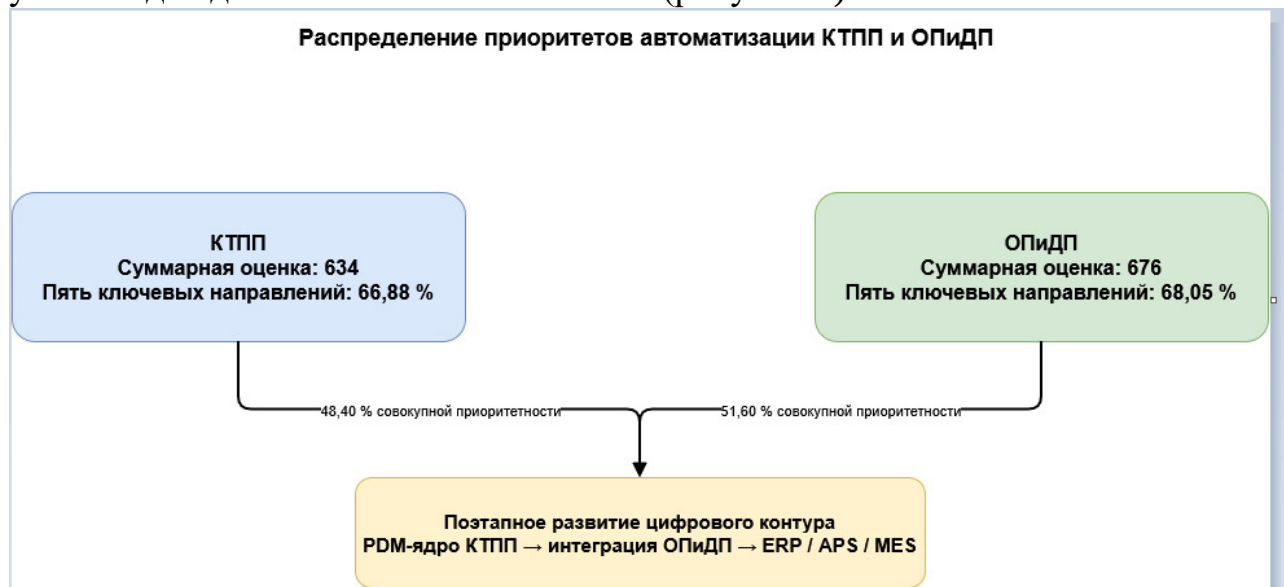


Рисунок 5 – Распределение приоритетов автоматизации КТПП и ОПиДП

В использованных статистических материалах приведён пример концентрации ресурсов на 21,4% приоритетных процессов, при которой заявлен расчётный эффект 1,8 млн руб. за счёт сокращения длительности реализации проекта с трёх лет до одного года. Относительное сокращение длительности составляет:

$$\delta_T = \frac{3 - 1}{3} \cdot 100\% = 66,67\%.$$

Коэффициент ускорения равен:

$$K_{\text{уск}} = \frac{3}{1} = 3.$$

Указанный пример демонстрирует, что селективная автоматизация высокоприоритетных процессов позволяет сократить длительность реализации комплексного проекта. Значение 1,8 млн руб. относится к приведённому исходному примеру и не переносится на иной объект без подтверждения сопоставимости затрат, состава работ и исходных условий.

Практическая применимость результатов подтверждается актом внедрения ООО «Аскон-Самара».

В ходе диссертационного исследования были получены следующие результаты и сделаны выводы.

1. Выполнен анализ особенностей КТПП как совокупности взаимосвязанных организационно-информационных процессов. Установлено, что качество подготовки производства определяется не только корректностью отдельных документов, но и своевременностью, полнотой, актуальностью, согласованностью и прослеживаемостью инженерных данных.

2. Обосновано, что внедрение PDM-системы должно рассматриваться как управляемый процесс организационно-информационных преобразований. Установка и техническая настройка программного обеспечения без предварительного моделирования процессов не гарантируют повышения качества КТПП.

3. Разработана методика внедрения PDM-системы, включающая инициацию проекта, обследование существующих процессов, SADT/IDEF0-моделирование состояния «как есть», формирование целевой модели «как должно быть», разработку объектно-ориентированной архитектуры PDM-системы, настройку и интеграцию, опытную эксплуатацию, а также оценку результатов и принятие решения о тиражировании.

4. Предложены правила формирования информационной модели PDM-системы на основе результатов функционального моделирования. Показано, что функции IDEF0-модели могут быть использованы для выделения базовых процессов, входные и выходные потоки — для формирования перечня документов, а их семантическое обобщение — для определения сущностей предметной области.

5. Сформирован состав критериев оценки эффективности внедрения PDM-системы, включающий временные, трудоёмкостные, качественные, интеграционные и инфраструктурные показатели. Указанный состав позволяет оценивать не только непосредственное сокращение длительности работ, но и качество инженерных данных, степень интеграции и готовность цифровой среды к устойчивому функционированию.

6. Предложен интегральный индекс эффективности $I_{эф}$, рассчитываемый как взвешенная сумма групповых критериев. Дополнительно введён показатель готовности к тиражированию $K_{тир}$, позволяющий учитывать воспроизводимость конфигурации, стандартизацию процессов, инфраструктурную и интеграционную готовность.

7. Практическая апробация расчётного примера показывает, что при внедрении модуля ведения классификатора и номенклатора материалов суммарный резерв рабочего времени составляет 222,7 ч/мес, или 2672 ч/год, что эквивалентно 1,39 условной единицы трудовой занятости при месячном фонде 160 ч. Интегральный индекс эффективности $I_{эф} = 0,767$ соответствует выраженному организационному и временному эффекту и указывает на готовность решения к тиражированию.

8. Выполнена апробация методики в условиях машиностроительных предприятий. Практическая значимость результатов подтверждается актом внедрения ООО «Аскон-Самара», где указано, что при внедрении предложенных технических решений был получен экономический эффект 1800000 рублей за год. Эффект был получен за счет использования разработанных методических материалов на предприятии ОАО «Волгабурмаш» и тиражирования имеющихся решений на различные службы предприятия. Суммарная приоритетность целевых индикаторов автоматизации КТПП составляет 634 балла, а отдела оперативно-производственного планирования и

диспетчеризации производства (ОПиДП) — 676 баллов. Разница равна 42 баллам, или 6,62% относительно оценки КТПП.

Пять первоочередных направлений автоматизации КТПП концентрируют 66,88% общего приоритета. Это подтверждает рациональность поэтапного внедрения PDM-системы с концентрацией ресурсов на наиболее значимых процессах. В КТПП приоритетными являются ускорение подготовки производства, сохранность документации, разграничение доступа, повышение эффективности взаимодействия подразделений и накопление инженерной информации для повторного использования. Нормированные веса групп критериев комплексной оценки равны: функциональные — 0,3333; финансово-экономические — 0,2593; комплексность решения — 0,2222; социально-экономические — 0,1852. Наибольшую значимость имеют функциональные результаты автоматизации. Пилотное PDM-решение, охватывающее только КТПП, имеет оценку комплексности $K_k = 0,50$, тогда как интеграция контуров КТПП и ОПиДП обеспечивает $K_k = 1,00$. Это количественно обосновывает последовательную схему развития: PDM-ядро КТПП → интеграция с ОПиДП → дальнейшее сопряжение с ERP, APS и MES.

11. Исходный уровень цифровизации показывает значительный резерв: до 80 процентных пунктов по цифровой передаче КД, до 90 процентных пунктов по ТД, до 95 процентных пунктов по APS и до 90 процентных пунктов по MES. В приведённом примере сокращение срока реализации с трёх лет до одного года соответствует сокращению длительности на 66,67% и коэффициенту ускорения, равному 3. Расчётный удельный эффект составляет около 84,1 тыс. руб. на один процентный пункт охвата приоритетных процессов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием средств автоматизированного извлечения информационных объектов из моделей процессов, применением семантического анализа и онтологического представления инженерных данных, расширением набора показателей оценки цифровой зрелости КТПП, а также проверкой применимости методики на предприятиях различного профиля.

Публикации по теме диссертации

1. Кузнецов В.А., Хаймович И.Н. Анализ проблемы импортозамещения в машиностроении с учетом информационных технологий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2025. - № 3. - С. 3–11.
2. Кузнецов В.А., Хаймович И.Н. Методика проектирования и импортозамещения PDM-системы на основе SADT-методологии// технологий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2025. - № 4. - С. 91-98.
3. Кузнецов В.А., Хаймович И.Н., Ураскин Е. А. Методика комплексной оценки организационной и временной эффективности импортозамещения PDM-систем в КТПП // Известия Самарского научного центра РАН. - 2026. - № 4. - С. 70–79.

4. Кузнецов В.А. Процесс формирования инвестиционного потенциала в российских регионах/ Гизятуллов Р.Н., Кузнецов В.А., Шарафанов А.Д.// Сборник научных статей XVII Всероссийской научно-практической конференции «Российская наука: актуальные исследования и разработки» (г.Самара, 2024) – С. 475-479.