

## **Краткое содержание работы**

Представленная работа является результатом фундаментальных и прикладных научных исследований разработки и внедрения научно-методологического подхода управления предприятием в условиях цифровой трансформации, сочетающий в себе принципы бережливого, цифрового производства, инновационные интегрированные цифровые решения, обеспечивающие снижение импортозависимости программного обеспечения, рост показателей, направленные на повышение эффективности производственно-экономической системы промышленного предприятия.

## **Основная научно-техническая идея**

Научно-техническая идея состоит в разработке новых принципов и методологических основ реализации инновационных интегрированных цифровых решений с использованием основ "BIG DATA" и методов математической статистики, базирующихся на интеграции принципов бережливого и цифрового производства при проведении компьютерного моделирования в процессе проектирования дозировочных агрегатов и узлов авиационных двигателей ПД-8, ПД-35. В работе предложена платформа ключевых технологий, включающая в себя 15 ключевых компонентов бережливого и цифрового производства.

## **Научная новизна разработок, практические достижения:**

**1. Разработан научно-методологический подход управление предприятием в условиях цифровой трансформации.**

Научно-методологический подход управление предприятием в условиях цифровой трансформации отличается от существующих универсальным сочетанием базовых принципов концепции бережливого, цифрового производства. Данный подход использует расширенный управленческий инструментарий при разработке и внедрении инновационных интегрированных цифровых решений; позволяет эффективно адаптироваться к новым современным условиям, реализуя проекты цифровой трансформации при освоении новой продукции, переключении

на другой вид деятельности, достижения социально-экономического эффекта (рис.1).



Рис.1. Научно-методологический подход управление предприятием в условиях цифровой трансформации

2. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработана Дорожная карта Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства»; структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления инструментальным производством.

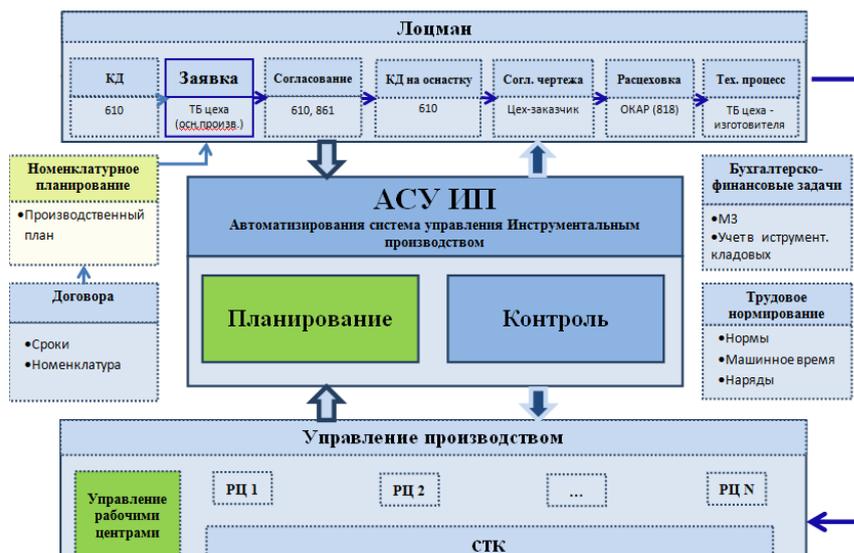


Рис.2. Структурно-функциональная схема АСУ ИП АО «Пермский завод «Машиностроитель»

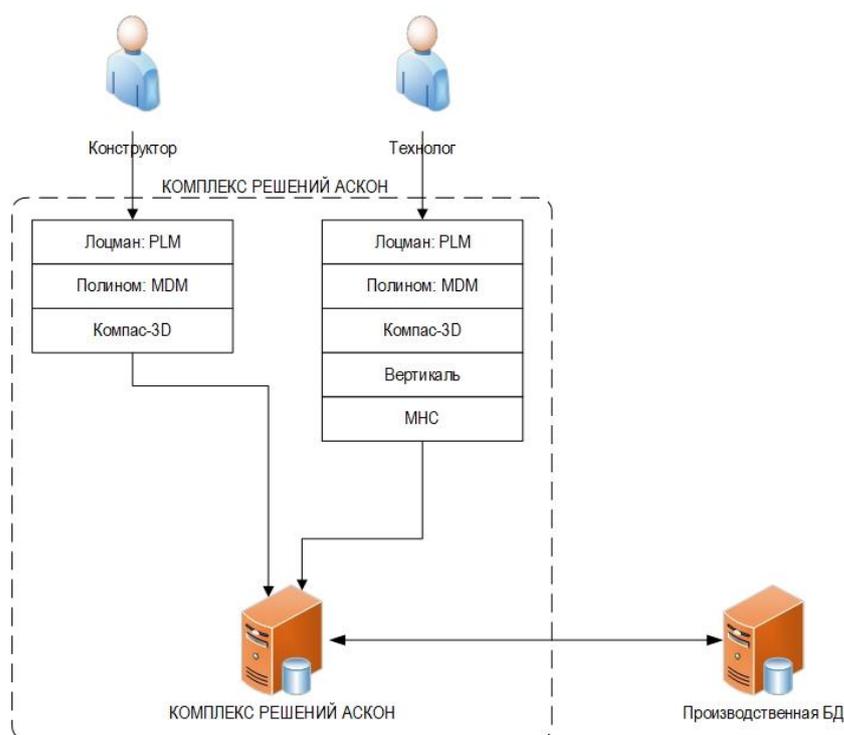
## Дорожная карта Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов инструментального производства»

Этап	Содержание мероприятий	Результаты
1 этап – подготовительный	<p>1. Разработка, согласование и утверждение Лин-проекта «Автоматизация бизнес-процессов».</p> <p>2. Разработка методических рекомендаций по формированию рабочих групп в рамках реализации цифровой экономики, проектов бережливого производства.</p> <p>3. Формирование и обучение рабочей группы.</p>	<p>1. Утвержденный Лин-проект «Автоматизация бизнес-процессов в комплексе «Инструмент».</p> <p>2. Методические рекомендации по формированию рабочих групп в рамках реализации цифровой экономики, проектов бережливого производства.</p> <p>3. Распоряжение о формировании и обучении рабочей группы.</p>
2 этап – аналитический	<p>1. Определение действующей и планируемой информационной инфраструктуры.</p> <p>2. Картирование существующих производственных и информационных потоков создания ценности «Как есть».</p> <p>3. Определение потребности в покупном инструменте.</p>	<p>1. Итоги аудита информационной инфраструктуры</p> <p>2. Карта существующего потока создания ценности в «Как есть» (анализ потерь производства, выявление источников потерь; качественная и количественная оценка потерь).</p> <p>3. Рекомендации по закупке инструмента.</p> <p>4. Разработка процесса согласования закупки инструмента 1С:ERP</p>
3 этап – расчётно-планировочный	<p>1. Разработка концепции конструкторской технологической подготовки производства, карты будущих потоков создания ценности «Как должно быть» с использованием информационных систем «Полином:MDM» и «Лощман:PLM» с интеграцией в систему в «1С:ERP Управление предприятием».</p> <p>2. Применение инструментов бережливого производства для расшивки узких мест в инструментальном производстве (5С, визуализация, Кайдзен, Канбан, Точно вовремя, SMED и др.).</p> <p>3. Разработка системы планирования и организации производства (планировка цеха, анализ и синтез потоков движения ДСЕ, СТО, устранение узких мест, определение КПЭ).</p>	<p>1. Будущая карта потоков создания ценности в инструментальном производстве «Как должно быть».</p> <p>2. Методические рекомендации по использованию инструмента организации рабочего пространства 5С, перечень внедряемых инструментов бережливого производства, обученные рабочие.</p> <p>3. Рекомендации по реализации подачи кайдзен-предложений использование мероприятий по улучшению организации, планирования рабочих мест в инструментальном производстве.</p>
4 этап – оценочно-проверочный	<p>1. Совершенствование номенклатурного планирования и управления инструментальным производством.</p> <p>2. Внедрение программного комплекса электронный рабочий наряд, системы заказов в инструментальном производстве.</p> <p>3. Оценка ключевых показателей эффективности производственно-экономической системы АО «Пермский завод «Машиностроитель».</p>	<p>1. Рекомендации по реализации подачи кайдзен-предложений использование мероприятий по улучшению организации, планирования рабочих мест в инструментальном производстве.</p> <p>2. Измененная система планирования заказов в инструментальном производстве.</p> <p>3. Проверка достигнутых ключевых показателей эффективности производственно-экономической системы АО «Пермский завод «Машиностроитель».</p>

Отличительной особенностью является использование методов адаптивного планирования на основе научно-методологического подхода управление предприятием в условиях цифровой трансформации, позволяющего реализовать построение интегрирующей информационной системы диспетчерского управления и оперативного мониторинга движения инструмента в цехах с учетом особенностей принятой схемы необходимого регулирования инструментального производства (рис.2). Экономический эффект от реализации составил 10 699 857 рублей.

**3. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработана концепция, включающая в себя атрибуты для конструкторской технологической подготовки производства.**

Новая принципиальная модель цифрового решения позволяет в едином информационном пространстве формировать сложные объекты, оцифровывать процессы МНС, осуществлять конфигурацию МНС, формировать все более сложные составы изделий, снижать время при разработке изделий, минимизировать риски возникновения ошибки (рис.3).

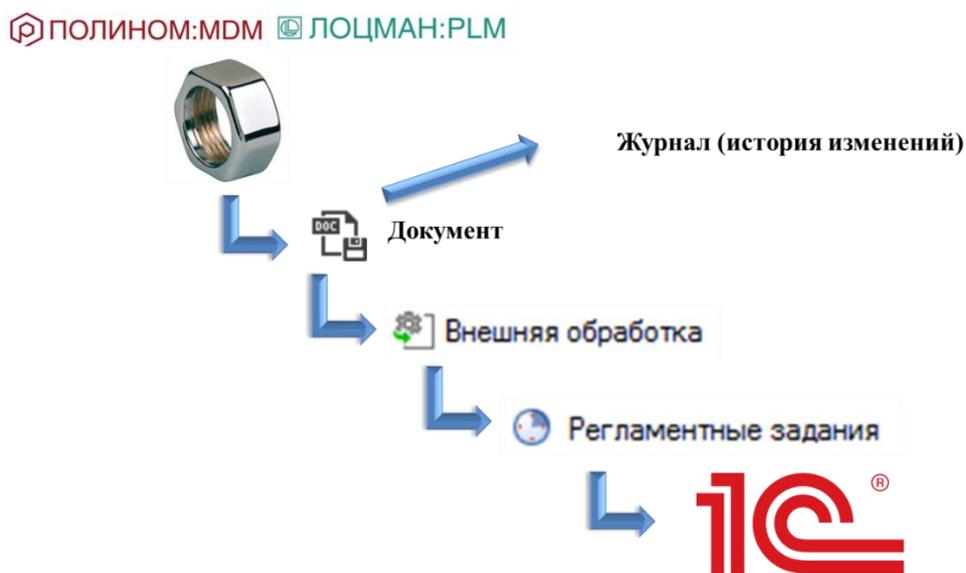


*Рис.3. Новая модель цифрового решения  
АО «Пермский завод «Машиностроитель»*

**4. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработан алгоритм, обеспечивающий взаимосвязь**

**информационных систем с постепенным переходом на новую технологическую платформу управление предприятием в условиях цифровой трансформации.**

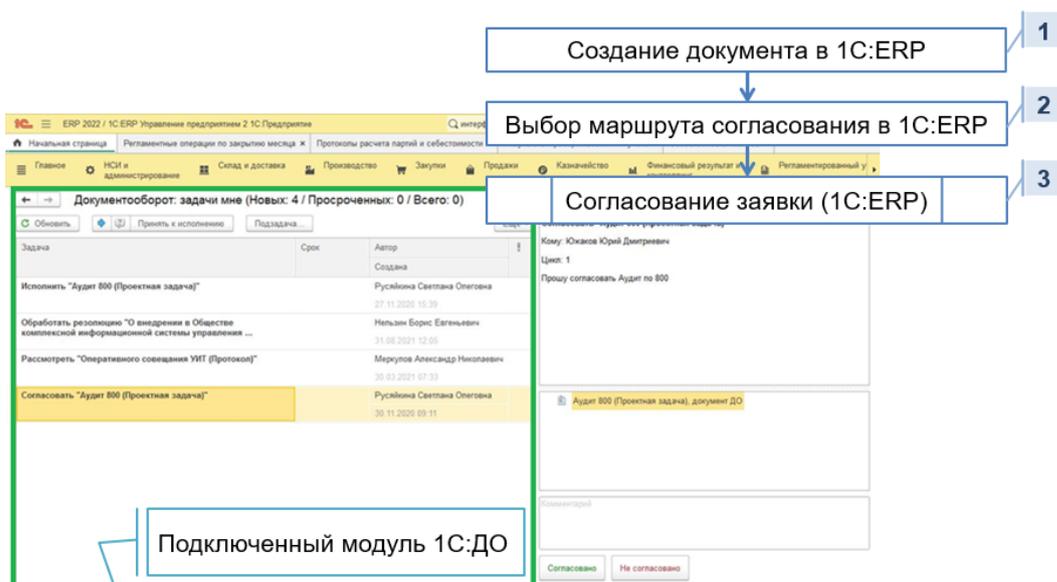
Описанные в работе алгоритм автоматической загрузки данных в «1С:ERP Управление предприятием», включают в себя следующие характерные отличительные особенности. Система основана на принципе децентрализации управленческих решений, т.е. является полностью автономной и не требует вмешательства работников предприятия в процесс загрузки данных из одной системы в другую. Система позволяет учитывать условия для максимально полной автоматизации, то есть везде, где машина может эффективно работать без вмешательства человека. В случае обнаружения неполадок ведется журнал, фиксирующий все выполняемые функции, что в целом позволяет не допускать потерь данных (рис.4).



*Рис.4. Загрузка вновь созданных объектов в систему «1С:ERP Управление предприятием» АО «Пермский завод «Машиностроитель»*

**5. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработаны варианты реализации интеграционной модели, включающие элементы бесшовной интеграции.**

Отличительной особенностью является обеспечение взаимодействия программных систем с упрощением пользовательского влияния на миграцию данных между системами, за счёт формирования структурированной, совместно используемой базы данных, поддержание минимального страхового запаса инструмента на рабочих центрах, материальных складах и инструментальных кладовых (рис.5). Экономический эффект составил 2 719 901 руб., при затратах на реализацию проекта 411 881 руб.

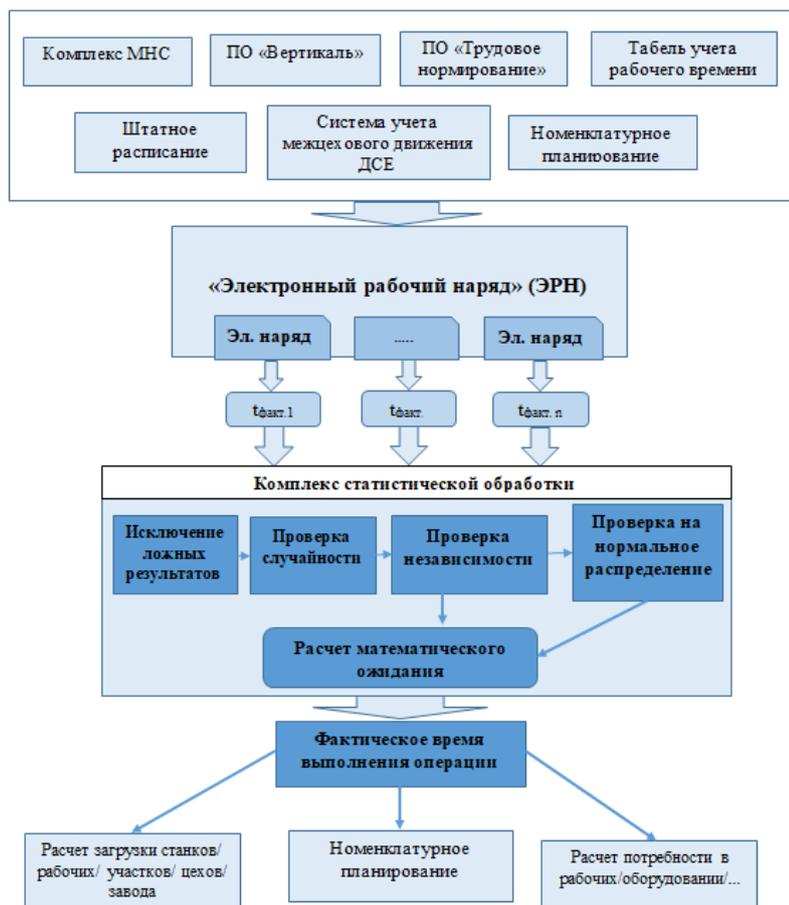


*Рис.5 Этапы согласования закупки инструмента на основе бесшовной интеграции АО «Пермский завод «Машиностроитель»*

**6. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработан универсальный программный комплекс электронный рабочий наряд (ЭРН).**

Отличительной особенностью данного комплекса ЭРН является общая интеграция в информационные системы предприятия, возможность проведения полного цикла обработки информации для принятия управленческих решений при выполнении договорных обязательств с использованием широкого спектра алгоритмов и аналитических методов. Данный комплекс позволяет своевременно отслеживать подготовку и ход производства, осуществлять расчет фактического времени выполнения операций по большинству изготавливаемых ДСЕ, загрузку производственных мощностей, учитывает специфику работы предприятия при серийном, опытно-конструкторском и единичном производстве (рис.6). Акцент

структуры на эффективной поддержке принятия управленческих решений и доступности для пользователей представляет собой заметный прогресс по сравнению с существующими аналогами, что подтверждает практическую значимость и роста технико-экономических показателей труда АО «Пермский завод «Машиностроитель». От реализации цифрового решения получен экономический эффект в сумме 2 187 900 руб.



*Рис.7 Многозадачный программный комплекс электронный рабочий наряд АО «Пермский завод «Машиностроитель»*

**7. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработан концептуальный подход формирования системы объемно-календарного производственного (номенклатурного) плана предприятия.**

Разработанный концептуальный подход в отличие от существующих обладает рядом преимуществ, т.к. в комплексе осуществляется: интеграция с информационной системой по формированию технологических составов изделий и их маршрутно-нормативной спецификации (Комплекс МНС); интеграция с

информационной системой по планированию инструментального производства в части увязки сроков изготовления СТОС и сроков запуска ДСЕ в производство; интеграция с информационной системой по планированию закупок и поставки материалов и комплектующих изделий; интеграция с информационной системой тех. процессов изготовления ДСЕ; интеграция с информационной системой «Электронный рабочий наряд» в части получения информации о выполненных технологических операциях по изготавливаемым ДСЕ и статистически полученного фактического времени выполнения операций; интеграция с учётной информационной системой предприятия 1С: ERP Управление предприятием.

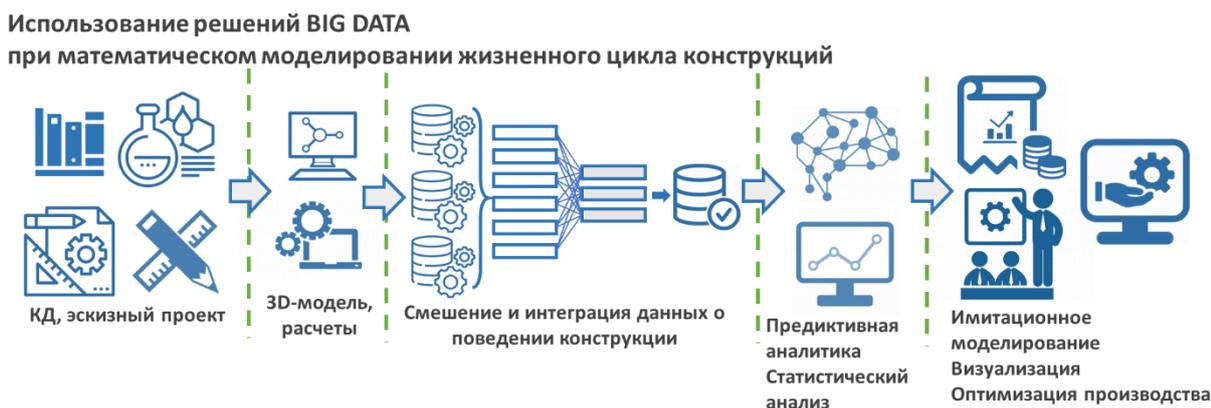


*Рис. 7 Универсальная схема взаимодействия информационных систем предприятия АО «Пермский завод «Машиностроитель»*

**8. В рамках реализации инновационного интегрированного цифрового решения разработана Дорожная карта алгоритма моделирования этапов жизненного цикла конструкций, технология нейросетевого анализа.**

Для повышения качества конструкторской технологической подготовки изделий, ПД-8, ПД-35, производимых на АО «Пермский завод «Машиностроитель», из полимерных композиционных материалов (ПКМ) разработан алгоритм прогнозирования эффективных термовязкоупругих характеристик слоистых ПКМ. В основе алгоритма использован метод

многоуровневого моделирования, использующий разработанный инструментарий идентификации математической модели поведения материалов. Для реализации комплексного экспериментально-расчетного алгоритма и интеллектуальной системы для исследования этапов жизненного цикла основных элементов конструкций и изделий в целом предложена дорожная карта для проведения исследований на основе интеграции в процесс технологий BIG DATA (рис. 8)



*Рисунок 8. Дорожная карта алгоритма моделирования этапов жизненного цикла конструкций*

Внедрение разработанных принципов бережливого, цифрового производства и инструментов для проведения компьютерного моделирования позволит повысить качество и сократить период разработки конструкторской документации. Внедрение разработанных принципов и использование инструментария BIG DATA поспособствует созданию BIM-систем жизненного цикла конструкции в имеющейся цифровой структуре предприятия и позволит осуществлять переход к цифровым теньям и двойникам конструкций на АО «Пермский завод «Машиностроитель».

Системный подход к агрегированию и оценке результатов исследований для обеспечения объективного и непредвзятого обобщения научных данных с использованием инструментов DATA SCIENCE и аналитики BIG DATA является основным из перспективных направлений цифровой трансформации предприятий оборонно-промышленного комплекса РФ. Результаты коллективной работы наглядно демонстрируют экономическую целесообразность реализации инновационных интегрированных цифровых решений, проектов цифровой трансформации АО «Пермский завод «Машиностроитель».