

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
КУЗЬМЫ МИНИНА"

На правах рукописи

Лаврентьева Елена Валентиновна

**МНОГОУРОВНЕВОЕ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Научная специальность – 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(Экономика промышленности)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук,
профессор Кузнецов Виктор Павлович

Нижний Новгород – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	11
1.1. Роль организационных структур в системе рационализации производственных процессов промышленных предприятий	11
1.2. Концепции организационных изменений на этапах многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов	26
1.3. Повышение эффективности организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения на основе совершенствования процессного управления.....	45
Выводы по главе 1.....	68
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	69
2.1. Сравнительный анализ методов построения моделей организационной трансформации в условиях структурных изменений экономики.....	69
2.2. Разработка методик многоуровневой рационализации организационных структур как инструмента повышения эффективности хозяйственной деятельности	81
2.3. Интеграция MES-системы в механизм повышения эффективности рационализации организационных структур бизнес-процессов	110
Выводы по главе 2.....	119
ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК МНОГОУРОВНЕВОЙ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА	120

3.1. Оценка эффективности рационализации организационной структуры бизнес-процессов АО «Нижегородский завод дизельных двигателей»	120
3.2. Результаты внедрения методики рационализации технического сегмента бизнес-процессов в АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ».....	132
3.3. Совершенствование организационно-технологического взаимодействия при рационализации системы допусков на предприятии ООО «НижПромРазвитие».....	139
Выводы по главе 3.....	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	149
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	162

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В период с 2024 по 2027 гг. российская экономика проходит этап глубокой трансформации. Ключевыми вызовами этого периода становятся перестройка рынка труда, модификация структуры потребления и рост эффективности хозяйственной деятельности предприятий. Стратегической целью развития народного хозяйства провозглашено обеспечение устойчивого экономического роста, создание прозрачной конкурентной среды и достижение технологического суверенитета. Особое внимание уделяется повышению производительности труда на средних и крупных предприятиях несырьевого сектора на 20%.

Согласно прогнозу Минэкономразвития России на 2026 год и плановый период 2027 года, темпы роста промышленного производства замедлятся на 1,2%, а в обрабатывающей промышленности — на 3%. Ключевыми факторами этого спада являются недостаточное внедрение процессного управления, неоптимальная организационная структура и доминирование вспомогательных бизнес-процессов над основными. Для решения этих проблем необходим научно обоснованный механизм многоуровневой рационализации оргструктур.

Наиболее остро проблема стоит в машиностроении, где дублирование функций, информационные разрывы и параллелизм процессов существенно снижают экономический потенциал отрасли.

Предлагаемый инновационный подход заключается в повышении эффективности организационных структур бизнес-процессов машиностроительных предприятий посредством многоуровневой рационализации. Данный процесс охватывает институциональный, технический и технологический аспекты с последующей интеграцией полученных результатов на стратегическом уровне.

Резюмируя вышесказанное и принимая во внимание недостаточную изученность методических основ многоуровневой рационализации, особенно в аспекте повышения эффективности организационных структур бизнес-процессов

на этапе структурной трансформации, можно утверждать, что актуальность темы настоящего исследования является высокой.

Степень научной разработанности проблемы. К исследованию в области теории циклов, экономической теории, инноватики и процессного управления обращались такие учёные, как Ахуэлл Р.А., Деминг В.Е., Кондратьев Н.Д., Мак-Илхаттан Р.Д., Оно Т., Соуси С.Р., Тейлор Ф., Шеремет А.Д., Шумпетер Й.

Исследователями в области организационных структур и организационных изменений являются Адизес И., Богданов А.А., Гастев А., Глазьев С.Ю., Грэйнер Л., Дак Дж., Ерманский О.А., Коттер Дж. П., Наугольникова И.А., Суворова С.Д., Минцберг Г., Форд Г., Яшин С.Н.

Инструментами исследований бизнес-процессов промышленных предприятий являются труды Бадаловой А.Г., Баканова М.И., Бирюкова В.А., Прыкина Л.В., Румянцева Е.Е., Шапиро В.Д., Шеремета А.Д., Черняховского Б.И.

Разработки, связанные с управлением бизнес-процессами на промышленных предприятиях в условиях структурной трансформации экономики РФ, рассмотрены в работах Акбердынина Р.З., Глазьева С.Ю., Лисовского А.Л., Матвеевой Л.Г., Никитаевой А.Ю., Оганова О.А., Тарана В.А., Татаркина А.И., Тяглова С.Г., Черновой О.А., Жоу К., Ли Т., Линдера Н.В., Налбандяна Г.Г., Попова Н.А., Тарасова И.В., Трачука А.В., Ховаловой Т.В., Хофманна Е.

Рационализацией бизнес-процессов занимались Бабикова А.В., Вески М., Глотова Н.П., Голдратт Е.М., Джохем Г., Джонс Д., Журавлёв И.Д., Канторович Л., Кузнецов В.П., Кинтонова А.Ж., Лапаев Д.Н., Лейтнер П., Мадера А.Г., Новиков Д.А., Нимвеген В., Терехов А.Н., Трофимов О.В., Уомак Дж., Хаммер М., Харрингтон Д., Чампи Дж., Яшина Н.И.

Несмотря на наличие исследований, посвященных проблеме повышения эффективности организационных структур предприятий машиностроения, остаётся объективная необходимость в предложении нового метода к многоуровневому повышению эффективности организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения

Целью диссертационной работы является разработка и внедрение методов многоуровневого повышения эффективности организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения на основе комплексной рационализации организационных структур бизнес-процессов на всех иерархических уровнях производственной системы: на институциональном уровне, на техническом - контроль и испытание продукции и на технологическом - на уровне контрольной операции как системы допускового контроля.

Задачи исследования:

1. Уточнить и дополнить метод определения типа оргструктуры бизнес-процессов предприятия на основе совершенствования факторного анализа.
2. Расширить и развить теоретико-методологические аспекты этапов перехода в модели жизненного цикла организации И. Адизеса с целью увеличения её функционала на базе методов математической статистики.
3. Разработать метод рационализации оргструктуры бизнес-процессов на институциональном уровне.
4. Предложить способ рационализации размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу.
5. Снизить издержки технологического процесса путём рационализации метода назначения допусков на параметры изделия.

Объектами исследования выступают высокотехнологичные предприятия машиностроения Нижегородского региона, обеспечивающие выпуск высококачественной продукции для потребностей региона и смежных производств.

Предметом научного исследования являются экономико-управленческие отношения, циркулирующие в высокотехнологичном производстве машиностроения и рассматриваемые в аспекте повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях на основе применения методов многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения.

Теоретической и методологической основой являются труды российских и зарубежных ученых в области экономического анализа и экономико-математических методов, применяемых в анализе хозяйственной деятельности предприятий и объединений, нормативные документы в области автоматизации производства на базе MES, ERP и PLM систем. Нормативным документом, регламентирующим методологическую основу рационализации бизнес-процессов, послужил ГОСТ 18.001-76.

Информационно-эмпирическая база. Федеральные законы, нормативно-правовые акты региона, статистические данные, внутренняя информация и аналитические данные по производственным процессам машиностроительных предприятий Нижегородского региона.

Достоверность научных результатов, полученных в исследовании, не имеет противоречий с фундаментальными и методологическими научными трудами в области темы исследования.

Соответствие Паспорту научной специальности. Диссертационная работа выполнена в рамках специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности):

п.2.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности»;

п.2.7 «Бизнес-процессы на предприятиях и в отраслях промышленности. Теория и методология прогнозирования бизнес-процессов в промышленности».

Научную новизну диссертационной работы составляют следующие результаты:

1. Уточнено понятие организационной структуры бизнес-процессов предприятия, рассматриваемое как инструмент выбора типа оргструктуры. Дано авторское определение организационной структуры бизнес-процессов.

2. Разработана концепция модернизации модели жизненного цикла предприятия, основанная на внедрении аппарата теории вероятности для количественной оценки переходов между этапами в цикле.

3. Разработаны теоретико-методические положения рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия на институциональном уровне. На их основе предложен метод рационализации с учетом ограничений, базирующихся на экономическом критерии эффективности. Ключевой особенностью разработанного метода является принцип дихотомического разделения всего функционала оргструктуры и применение двухкритериального итерационного подхода.

4. Предложен инструмент рационализации размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу, отличием которого является определение оптимального сочетания технологических и контрольно – испытательных операций посредством ввода итерационного перебора вариантов, что позволит повысить экономическую эффективность процесса при сохранении качественных показателей.

5. Обоснован и применен алгоритм рационализации системы допускового контроля, отличающийся от существующей практики назначения допусков на параметры изделий посредством использования физической имитационной модели, в которой итерационно устанавливается оптимальный уровень допусков на сопрягаемые детали по критериям затрат и вероятности брака.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Разработка теоретических и методических положений многоуровневой рационализации позволяет сформировать методологию совершенствования оргструктур бизнес-процессов предприятий машиностроения, основной задачей которой является повышение эффективности их хозяйственной деятельности:

- оперативно получать исходные данные для принятия решения об рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия;
- для каждого технологического подразделения получать оптимальные планы размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу;
- получать оптимальные уровни допусков на параметры деталей механических сборочных единиц изделия, что позволяет сократить издержки и

оперативно корректировать техническую документацию на изделие в зависимости от изменяющихся ситуаций производственных процессов.

В итоге, внедрение разработанного комплекса взаимосвязанных методик многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятия создаёт возможность оперативного формирования оптимальной организационной структуры на институциональном уровне и на уровнях, соответственно, технического и технологического сегментов, что обеспечивает переход к гибким организационным структурам промышленного предприятия и повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятий.

Апробация основных положений диссертации докладывались автором и обсуждались на: XXII Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов «Промышленное развитие России: проблемы, перспективы», (Нижний Новгород, 2023г.); Всероссийской научно-практической конференции Экономическое развитие России: тенденции, перспективы, (Нижний Новгород, 2024); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития финансов и финансового рынка», (Нижний Новгород, Президентская академия, 2025 г.); VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Новые вызовы цифровизации в стратегическом развитии регионов», (Владимир, 2025); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути решения зеленой экономики и устойчивого развития», (Узбекистан, Бухара, 2025); Международной научно-практической конференции «Роль предпринимательства в решении современных глобальных экономических проблем», (Волгоград, 2025); Международный просветительский научно - популярный семинар «Оптимизация бизнес-процессов предприятия: опыт России и Белоруссии», (Белоруссия, Минск, 2025).

Результаты исследования апробированы в производстве на АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ» по выпуску модели грузового тягача «Валдай-45» (АО «НГА»), АО «Нижегородского завода дизельных

двигателей», ООО «НижПромРазвитие», а также используются автором в учебном процессе преподавания дисциплин «Рыночная экономика», «Бережливое производство», «Бизнес-планирование» основных профессиональных образовательных программ высшего образования, реализуемых по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика» профилю подготовки «Экономика предприятий и организаций» и по программе подготовки специалистов среднего звена 38.02.01 «Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям)» НГПУ им. К. Минина.

Публикации. Главные результаты и выводы исследования отражены в 24 научных публикациях, общим объемом – 18,57 п.л. (личный вклад автора – 8,2 п.л.) в т.ч. 1 – монография, 1 работа – в журнале, индексируемом в международной базе данных, 7 статей в ведущих научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 15 статей РИНЦ.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС- ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

1.1 Роль организационных структур в системе рационализации производственных процессов промышленных предприятий

Анализируя динамику промышленного производства и его тренды за 2024 - 2025 гг., можно установить, что формирование полноценной тенденции увеличения эффективности хозяйственной деятельности в промышленных предприятиях не происходит.

По данным Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП), темпы роста промышленного производства в 2025 г. составили: май 101,4%, июнь 101,9%, июль 101,7%.

На этапе структурной трансформации экономики РФ в современных условиях хозяйствования промышленные предприятия осуществляют свою деятельность в среде высокой неопределённости, жёсткой конкурентности и быстро меняющихся требований потребителей. Ключевым фактором выживания и развития промышленных предприятий, функционирующих в формате бизнес-процессного управления становится способность эффективно управлять внутренними ресурсами и процессами. Центральное место в системе управления предприятием занимает организационная структура, определяющая иерархию подчинения, распределения полномочий, а также ответственности и информационных потоков. При этом следует заметить, что повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятий наряду с указанными факторами в отношении организационных структур, существуют и базисные системные факторы, в число которых входят запуск новых производственных мощностей, бизнес циклов, и увеличение прямых инвестиций в основные фонды предприятий, что со стороны государства происходит в полной мере, однако остаются вопросы к эффективности именно к использованию внутренних резервов предприятий, что требует оптимизации производственных цепочек и

рационализация организационных структур бизнес-процессов предприятий. Оптимизация производственных процессов невозможна без соответствующей организационной поддержки. При этом если технология производства определяет каким образом изготавливается продукт, то организационная структура устанавливает каким алгоритмом, на основе какого вида управления и какими ресурсами производится оптимизация.

Несмотря на довольно длительный период использования в производственной деятельности различных видов процессного и далее бизнес-процессного управления на момент текущего 2026 года полного перехода промышленных предприятий с различными видами хозяйственной деятельности и типами организационных структур на бизнес-процессное управление с элементами автоматизации и цифровой трансформации не наблюдается, а именно в этом кроются резервы их развития. Данному явлению подвержены ведущие промышленные предприятия, но в большей степени это относится к машиностроительным предприятиям малого и среднего бизнеса, интеграция которых с ведущими предприятиями составляет основу экономического роста. По данным Ассоциации «Росспецмонтаж» за 2024-2025 гг. элементы промышленного интернета вещей (IIoT), внедрены лишь у 45% крупных предприятий, а около 70% используют элементы автоматизации и MES-системы [137,139]. Анализ, проведённый в настоящем исследовании, показал следующее: высокотехнологичные предприятия Нижегородского региона такие как АО «Нижегородский завод дизельных двигателей», АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», ООО «НижПромРазвитие» с различными типами оргструктур в значительной степени перешли на бизнес-процессный принцип производства с автоматизированными системами управления (MES-системами); предприятия малого и среднего бизнеса лишь отчасти функционируют с бизнес-процессами в производственной цепочке и, как правило - на вспомогательных производствах, а именно они завершают формирование всего ансамбля многоуровневых организационных структур бизнес-процессов в машиностроении, обеспечивающих рост объёмов производства продукции двойного назначения в

регионе; подобная ситуация прослеживается и других регионах. Из приведённых рассуждений следует вывод о том, что на промышленном предприятии основной целеполагающей характеристикой является его организационная структура и необходимость её многоуровневой рационализации по причине воздействия на неё различного рода дестабилизирующих факторов. На рисунке 1 приводится обобщённая модель производственной системы.



Рисунок 1 – Графоаналитическая модель производственной системы

Основные структурные элементы производственной системы, приведённые на графоаналитической модели, подлежат как рационализации, так и оптимизации в связи с организационными изменениями, вызванными качественными преобразованиями в экономике на этапе глубокого погружения в структурную трансформацию.

Как было указано выше стремительно изменяющаяся геополитическая обстановка, цифровизация и искусственный интеллект оказали огромное влияние

на формирование новых требований к промышленным предприятиям России, что в свою очередь предопределило переосмысление целей и задач их организационных структур. Что же такое организационная структура в современном понимании? В нормативной документации понятия организационная структура не существует, однако в ГОСТ Р 55272-2012 она упоминается в формате решения задач системой менеджмента организации, а именно, – как определение и документального оформления организационной структуры и состава ее элементов с указанием в ней подчиненности руководителей и подразделений, а также их основных функций.

В учебнике «Стратегический менеджмент» Фатхутдинова Р.А. организационная структура представлена в виде совокупности взаимосвязанных элементов объекта управления и является понятием привычным и изученным, но в аспекте стратегического управления является перспективным [110]. Заместитель генерального директора по персоналу Госкорпорации «Росатом» Терентьева Т.Б. в исследовании «Организационная структура 4.0: вызовы и перспективы» дала понятие организационной структуры как составу и иерархии подразделений предприятия, изложенном в штатном расписании и изученным со всех сторон досконально, однако именно в оргструктуре скрываются резервы повышения эффективности бизнес-процессного управления [100].

Далее в специальной литературе понятию организационная структура отводится достаточно широкий пласт исследований. Так существует мнение, что организационная структура есть не что иное как некая совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых элементов, находящаяся в относительно устойчивых отношениях и которую следует рассматривать как единое целое [16, 67]. В качестве расширительного представления данного понятия можно привести следующие трактовки оргструктуры, данные исследователями различных временных периодов: оргструктура как форма распределения рациональных видов деятельности определённого организационного образования, обладающая возможностью принятия решения по взаимодействию как между отдельными исполнителями, так и уровнями управления в целом по предприятию, что в

сущности составляет определённую совокупность подразделений предприятия [5,51,102]. В определениях, данных в [57,58] в понятие оргструктура приводится дополнение в аспекте определения и наличия в ней состава связей и элементов, охватываемых формой закрепления, или, другими словами, составом, соподчиненностью и характеристиками подсистем организации».

В статье Трушина К.В. «Сущность и виды организационных структур управления предприятия» под оргструктурой понимается состав, в который входит множество подразделений и совокупность исполняемых в них функций, представляющий собой организационную форму разделения труда по принятию решений направленных на установление эффективных взаимосвязей между подразделениями с рациональным распределением в них прав и обязанностей [102].

Более компактное, на взгляд автора, определение данному понятию даётся в статье, опубликованной в сборнике «Вестник Московской международной академии», где под организационной структурой организации понимается концепция, представленная в формате схемы, отражающей систему отношений между администрацией и персоналом, распределяющих и закрепляющих совокупность функций каждой должности.

Приведённый краткий анализ динамики развития понятия оргструктура, степень важности организационных структур бизнес-процессов предприятий и методы выбора их типа предопределил необходимость их рассмотрения и исследования в форматах Индустрии 4.0, 5.0. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционные иерархические типы оргструктур всё чаще становятся препятствием для внедрения на предприятиях гибких подходов к управлению бизнес-процессами таких как Agile или Lean, что требует пересмотра существующих принципов построения предприятия.

Как уже было сказано под оргструктурой понимается упорядоченная совокупность устойчиво взаимосвязанных элементов, обеспечивающих функционирование и развитие предприятия как единого целого. В контексте промышленного производства оргструктура не является статичным документом и

представляет собой динамическую систему отношений между подразделениями различных уровней управления. При этом сущность оргструктуры раскрывается через несколько ключевых аспектов. (Таблица 1)

Таблица 1 – Ключевые аспекты организационной структуры

№	Наименование ключевых аспектов	Краткое описание сущности ключевого аспекта
1	Разделение труда	Оргструктура определяет, как разделяются производственные задачи между подразделениями (глубина, специализация)
2	Иерархия управления	Количество уровней управления в оргструктуре. Высокая иерархичность характерна для массового производства, тогда как плоские структуры предпочтительны для инновационных и мелкосерийных производств
3	Норма управляемости	Количество подчинённых, непосредственно подотчётных одному руководителю. В производстве этот параметр критически важен для контроля качества выпускаемой продукции
4	Централизация и децентрализация	Степень концентрации прав принятия решений на верхних и уровнях управления. Оптимизация процессов часто требует децентрализации, чтобы решения принимались ближе к месту возникновения проблемы (на производственной линии)

В диссертационном исследовании приведено авторское определение организационной структуры и видение её рационализации. Под организационной структурой предприятия понимается открытая система, состав и иерархия подразделений которой изложены в штатном расписании и представлены в виде матрицы, отражающей систему отношений как между отдельными исполнителями, так и между уровнями управления, с закреплением в них функций каждого исполнителя.

Рационализация производственной структуры предприятия – процесс приведения структуры предприятия, характера его взаимодействия с внешней и внутренней средой в состояние, обеспечивающее максимально эффективную деятельность за счёт налаживания бизнес-процессов.

Конечной целью рационализации является нахождение оптимального набора функций и мест их реализации в некоторой области конечного векторно-временного пространства. При этом в системе рационализации производственных процессов организационная структура выступает в виде «каркаса», который

должен обладать определённой стабильностью и адаптивностью. Следует заметить, что чрезмерная жёсткость оргструктуры блокирует инициативу исполнителей, а излишняя гибкость приводит к нарушению технологической дисциплины.

В диссертационной работе на основании анализа и систематизации исследовательского материала о развитии организационных структур приведена авторская классификация характерных недостатков в наиболее употребляемых видах оргструктур, осуществляемая по критерию дублирования функций. В таблице 2 представлены характерные недостатки в наиболее употребляемых видах организационных структур и их принадлежности к бизнес-процессному управлению.

Таблица 2 – Основные виды организационных структур

Данные компаративного анализа характеристик основных видов организационных структур,				
№	Вид оргструктуры. Положительные стороны	Недостатки, упущения, ограничения	Количественная характеристика вида оргструктуры	Примечание (возможность бизнес-процессного управления)
1.	Оргструктура линейной направленности. Стандартный набор функций управления (планирование, организация, мотивация, контроль). Высокая скорость принятия решений. Простота управления.	Недостаточная адаптация к нововведениям. Низкая горизонтальная координация. Необходимость владения линейным менеджером всем стандартным набором функций управления.	Высокая вероятность принятия неправильного решения. Ограничение численности работающих $N \leq 100$ чел. Высокая степень дублирования $K_{БФ} = 0,3-0,4$	Переход к процессному управлению практически невозможен. Жёсткая оргструктура. Существует возможность представления каждой функции в виде бизнес-блока
2.	Оргструктура функциональной направленности. Высокая степень управляемости и стандартизации видов деятельности. Рациональное распределение ресурсов.	Трудность с координацией функций (независимый функционал). Низкая эффективность принятия решений. Высокая степень дублирования рациональных видов деятельности.	Средняя степень дублирования функций $K_{БФ} = 0,25-0,3$	Жёсткая оргструктура. Ограниченная возможность применения в бизнес-процессном управлении.

3.	Матричный вид организационной структуры. Высокая гибкость при принятии решения за счёт повышенной горизонтальной координации. Высокая степень цифровизации	Значительная степень конфликтности, генерируемой за счёт двойной подчинённости. Высокая степень неотработанности матричного моделирования.	Использование MES-систем на предприятиях с матричной оргструктурой управления составляет 45-65% [15]. Средняя степень дублирования функций $K_{БФ} = 0,15-0,2$	Высокая степень перехода к бизнес-структурам. Гибкая структура. Снижение трудоёмкости за счёт оптимизации.
----	--	--	---	--

Как следует из таблицы 2 ни одна из видов оргструктур не обеспечивает полного соответствия с бизнес-процессным управлением. Ближе всего данному условию удовлетворяют матричные оргструктуры.

В диссертационном исследовании рассмотрена роль организационной структуры в системе рационализации производственных процессов промышленных предприятий.

Организационная структура предприятия играет фундаментальную и определяющую роль в системе рационализации производственных процессах. Она выступает не просто как схема подчинения в системе рационализации, а как базис, определяющий, насколько эффективна организационная структура на всех уровнях производства.

Ключевыми аспектами влияния оргструктуры на рационализацию производства являются:

- вертикальные связи. В жёстких иерархических структурах как правило информация о проблемах в течении производства поступает при движении вверх, а корректирующие воздействия сверху-вниз, что существенно увеличивает время принятие решения;
- горизонтальные связи. В адаптивных типах оргструктур передача информации осуществляется прямым взаимодействием между подразделениями, что ускоряет производственный процесс.

- роль. Оргструктура определяет скорость и точность передачи информации о проблемных ситуациях.

Неизбежное усложнение производства как активной фазы развития промышленной деятельности привело к формированию устоявшихся форм управления и появлению новых видов и типов оргструктур. Реальность трансформации функциональных подразделений предприятия в процессную конфигурацию иллюстрируется на рисунке 2.

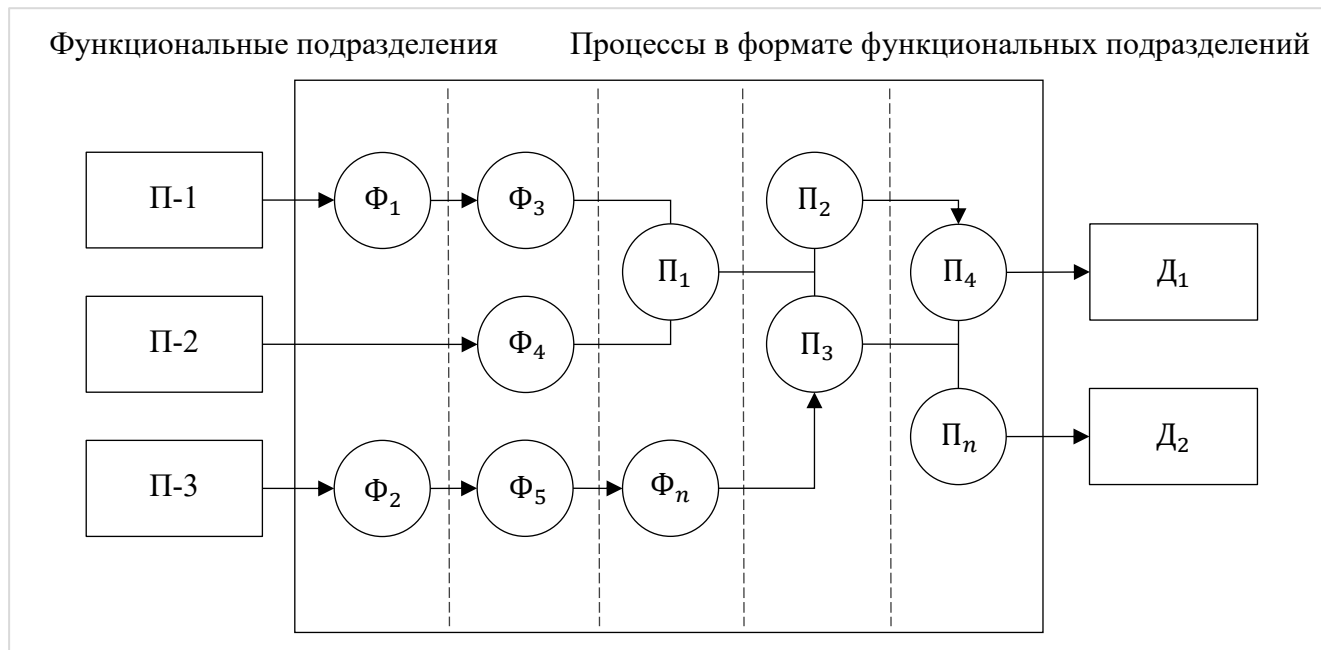


Рисунок 2 – Совмещённая схема двух видов оргструктур

На рисунке 2 представлены:

- функциональный формат. Изображены функциональные наборы ($\Phi_1 - \Phi_n$) для технологических линий П-1, П-2, П-3;
- формат процессного управления. Изображены подпроцессы ($\Pi_1 - \Pi_n$) для выхода D_1 и D_2 .

На основе анализа релевантных научных работ в исследовании доказана взаимосвязь выбора типа оргструктуры от технических и организационно-экономических характеристик технологического уклада [2,7,24,30,99]. При этом выбор типа оргструктуры служит предметом многих исследований, которые, как правило, базируются на подходе с методом трёх групп факторов:

- внутренний контур: степень сложности, уровень формализации, централизация и нормы управляемости;
- внешний контур: внешняя среда, стратегия, размер и уровень технологического развития;
- степень автоматизации и стили управления.

Данный подход способствует определению жёсткого или механистического типа оргструктур без дальнейшей детализации иных типов оргструктур, при этом в нём присутствуют элементы эвристического и опыта прошлого подходы. В формате авторского подхода в диссертационном исследовании разработаны следующие дополнения:

- группа внешних факторов рассматривается в аспекте технических и организационно-экономических характеристик технологических укладов, т.е. индустрий 4.0, 5.0 соответственно;
 - перечень стратегий во внешнем контуре дополнен стратегиями технологического толчка и рыночной тяги, циркулирующими на этапе «выживание» жизненного цикла изделия с установлением количественных характеристик перехода этапов;
 - правильность выбранного типа оргструктур подтверждаются экспертным анализом на основе коэффициента конкордации;
 - типы оргструктур устанавливаются на всех иерархических уровнях предприятия.
- Приведённая совокупность дополнений в работе рассматривается как методические рекомендации, внедрение которой повысит эффективность хозяйственной деятельности предприятия.

Принимая во внимание инновационную стратегию развития в рассматриваемых в настоящем исследовании предприятиях, механистические, иерархические оргструктуры не могут быть применены и решить поставленные в системе цели и задачи. В то время как органические (адаптивные) оргструктуры могут быть актуальными.

В таблице 3 на основе анализа и систематизации фундаментальных исследований и разработанных методических рекомендаций разработана авторская

классификация адаптивных видов организационных структур во взаимосвязи с технологическими укладами.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика технических и организационно-экономических показателей пятого и шестого технологических укладов во взаимосвязи с организационными структурами

Критерии сравнения	2000-2025 гг. Пятый ТУ	2025-2044 гг. Шестой ТУ
Энергетическая база и отрасли	Атомная энергетика. Робототехника. Оптоволоконная техника. Программное обеспечение Индустрия 4.0	Ядерные, квантовые и термоядерные виды энергии. Расширенное применение ветряной и солнечной энергетики. Индустрия 5.0
Производство и персонал	Автоматизация операций, ГАП и MES-системы. Требуются профильные компетенции, работа с большими данными	Высокотехнологичные Производства (био/нано/мед). Искусственный интеллект. Системное мышление. Новые цифровые компетенции.
Организационная структура	Институциональный: матричная. Технический: гибридная (программно- целевая и матричная). Технологический: гибридная (проектная, матричная)	Матричная, проектные, сетевые оргструктуры. Кластеры. Вертикальные фабрики. Технопарки, Когнитивные платформы.
Методы совершенствования оргструктуры	Институциональный уровень: рационализация на основе экономико- математической модели и ограничений дублирования. Технический: улучшение на основе оптимизации по математической модели и ограничений по браку. Технологический: сокращение издержек на основе симуляционной модели и линейного программирования.	Градиентная оптимизация, адаптивные методы в условиях нестабильности, оптимизация сетевых взаимодействий.
	Технологический: сокращение издержек на основе симуляционной модели и модели линейного программирования	

В результате внедрения разработанных методических рекомендаций на АО «НГА», АО «Нижегородский завод дизельных двигателей», ООО «НижПромРазвитие» использованы следующие типы организационных структур:

- на институциональном уровне – матричная организационная структура;
- на техническом уровне (оргструктуры конструкторско-технологических отделов)
- гибридная: программно-целевая и матричная;
- на технологическом (оргструктура цеха) - гибридная: проектная, матричная.

Таким образом новые гибкие оргструктуры такие как матричная, проектная, программно-целевая, бригадная, сетевая возникли как реакция предприятий на современные требования к качеству продукции, её конкурентоспособности, степени импортозависимости, а также, что особенно важно, от уровня автоматизированного управления производством. Следует заметить, что процесс перехода оргструктур на гибкие виды, реально применяющийся в производственной деятельности на предприятиях машиностроения в условиях жёсткой конкурентности, ресурсных и логистических ограничений, требует от предприятий наличия периода адаптации. Таким образом формируется новый подход к организационному проектированию в концепции шестого технологического уклада с наличием в нём элементов организационной гибкости и адаптивности оргструктур; причём к перечисленным условиям добавляется переход предприятий машиностроения на автоматизированное управление производством на базе MES-систем [33,34,50,58,100,113]. Теории технологических укладов с позиции связи с оргструктурами посвящены многие исследования. В частности, профессор С. Ю. Глазьев рассмотрел динамику изменений технологических укладов с точки зрения циклической смены базовых элементов в структуре экономики [33,56], и обосновал рассмотрение оргструктур в формате оргструктур бизнес-процессов.

На этапе глубокой трансформации экономики к организационным структурам бизнес-процессов предприятий предъявляются требования повышения эффективности хозяйственной деятельности.

Организационная структура бизнес-процессов, которую часто называют просто процессной структурой или архитектурой бизнес-процессов – это модель, которая описывает как деятельность предприятия разделена на отдельные бизнес-процессы, как эти процессы взаимодействуют друг с другом, кто за них отвечает и какие ресурсы при этом используются. В отличие от традиционной функциональной структуры с вертикалью управления, процессная структура фокусируется на горизонтальном управлении и создании ценности для потребителей. Она показывает сквозное движение от момента возникновения потребности потребителя до момента получения им готового продукта.

Организационная структура бизнес-процессов - это экономико-организационный базис промышленного предприятия, построенный не вокруг должностей, а вокруг действий. В бизнес-процессном управлении она рассматривается на трёх уровнях:

1. Уровень реализации основных бизнес-процессов, непосредственно создающих продукцию и приносящих доход.
2. Уровень вспомогательных бизнес-процессов, которые поддерживают основные, но не приносят прибыли.
3. Управленческий уровень, обеспечивающих стратегическое планирование и прогнозирование, а также управление качеством и рисками.

Стабильное функционирование оргструктуры предусматривает согласованность входо-выходных характеристик и эффективность действий владельцев в соответствии с установленным регламентом.

Проведённый в формате настоящего исследования анализ оргструктур бизнес-процессов предприятий Нижнего Новгорода выявил ряд существенных недостатков в организационных структурах и обосновал необходимость их многоуровневой рационализации для достижения следующих целей:

- устранение «узких мест и потерь». Дублирующие функции создают «серые зоны», в которых исполнительская ответственность «размыта»;
- повышение прозрачности и управляемости (норма управляемости 10-12 чел.;
- снижение транзакционных издержек (переговоры, согласования, решения);

- повышения скорости реакции на изменения рыночной ситуации;
- подготовка к автоматизации в форматах (ERP, MES-система).

Вывод о необходимости многоуровневой рационализации оргструктур бизнес-процессов.

Оргструктура бизнес-процессов – это маршрутная карта того, как предприятие создаёт ценность. Рационализация необходима, чтобы превратить эту карту в действенный инструмент повышения эффективности хозяйственной деятельности.

В настоящем исследовании дано авторское определение организационной структуры как архитектуры бизнес-процессов предприятия. Организационная структура бизнес-процессов предприятия как система положений, правил и договорённостей, в полной мере обеспечивающих обслуживание всех видов бизнес-процессов предприятия, рассматривается как состав и иерархия подразделений, в которых функции представлены отдельными бизнес-процессами, отражающими характер создания ценностей в соответствии с логикой сквозных бизнес-процессов, функционирующих в формате бизнес- процессного управления. В отличие от организационной структуры, характеризующей статику процесса, оргструктура бизнес-процессов характеризует его динамику [66].

Основными причинами перехода предприятий к бизнес-процессному управлению с гибкой организационной структурой являются:

- быстрее адаптация к изменившемуся уровню требований;
- возросшее внимание к объёму выпуска и новым технологиям продукции;
- необходимость устранения сохранившихся несоответствий системы менеджмента качества требованиям, принятым в ИСО Р 2001[43,44,45,46].

По существу, можно бизнес-процессный подход в формате новых требований, изложенных выше, считать модернизацией существующих на предприятиях машиностроения подходов к управлению бизнес-процессами. Модернизация должна базироваться на многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения. [54,56]. При этом, уровнями организационной структуры в отличие от существующего представления следует считать:

- первый. Институциональный уровень предприятия. Рационализация оргструктуры бизнес-процессов предприятия;
- второй. Технический уровень. Оптимизация размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу;
- третий. Технологический уровень. Трансформация системы допускового контроля.

На рисунке 3 представлена иллюстрация предприятия с многоуровневой оргструктурой бизнес-процессов, функционирующего на основе бизнес-процессным управлением.

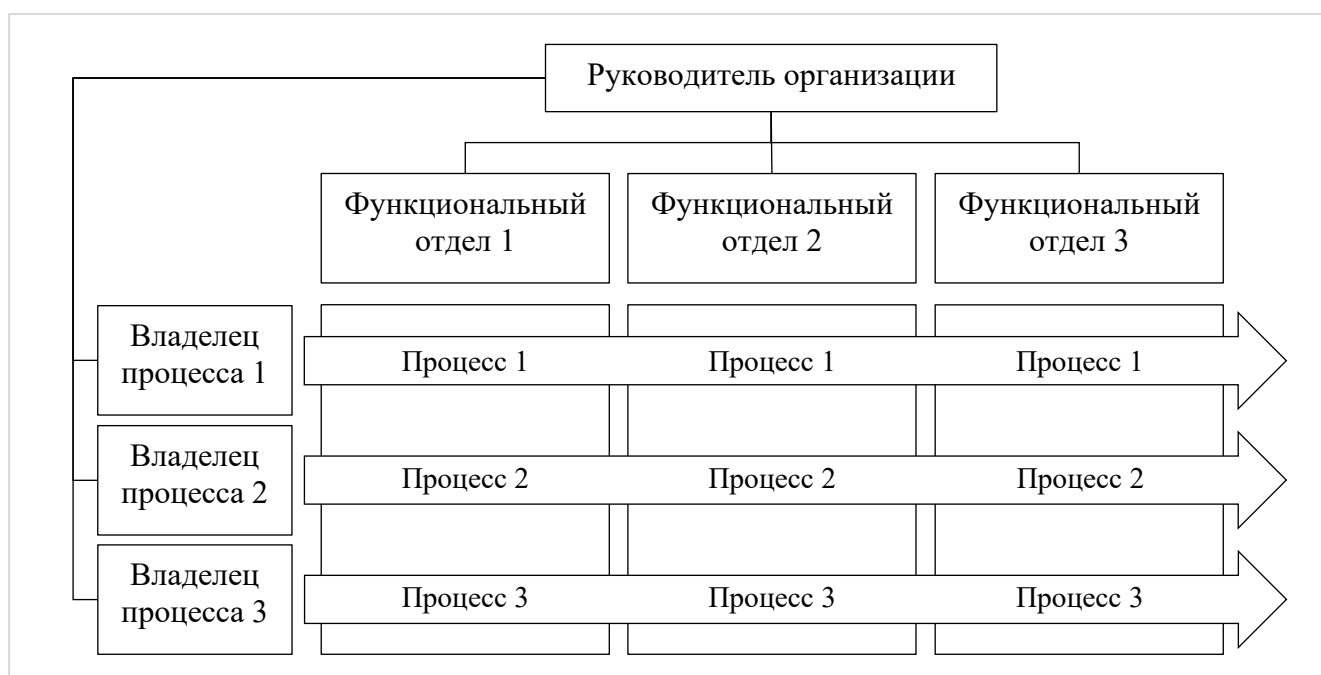


Рисунок 3 – Бизнес-процессная структура управления

По результатам проведённого в разделе исследования можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Обосновано считать организационную структуру бизнес-процессов предприятия архитектурой бизнес-процессов как модели, которая описывает как деятельность предприятия разделена на бизнес-процессы, как эти процессы взаимодействуют друг с другом, кто за них отвечает и какие ресурсы используются. Обоснована необходимость рационализации оргструктуры бизнес-процессов.
2. Полноценное процессное управление реализуется преимущественно на вспомогательных производствах, что снижает эффективность управления.

3. Обоснована связь оргструктур с технологическими укладами. Установлено, что эффективность типа оргструктур зависит от доминирующего технологического уклада.

1.2 Концепции организационных изменений на этапах многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов

На этапе структурной трансформации экономики разновекторная совокупность таких факторов как в бурный рост применения цифровой трансформации, IT-систем и инноваций в производственную деятельность с одной стороны и негативных вызовов со стороны недружественных стран и ведения специальной военной операции с другой – инициирует масштабное увеличение выпуска продукции и повышение стабильности на предприятиях машиностроения и сопряжённых производств.

В данной реальности становится необходимой разработка и внедрение оптимальных организационных изменений на предприятиях указанного сегмента производства. Применительно к теме настоящего диссертационного исследования организационные изменения занимают одно из центральных мест, поэтому для реализации его задач требуется рассмотрение генезиса понятий изменение, организационное изменение и управление организационными изменениями в методологическом аспекте при том, что технологии проведения изменений остаются достаточно неопределёнными.

На взгляд автора, интересные суждения и глубина анализа по данной теме приведены в научной статье Лариной Ю.С. «Терминологический анализ понятия «организационные изменения», где рассматривается корреляция понятий «организации» в качестве основы и места использования нововведений и собственно изменения.

Однако, на взгляд автора в статье аспект практического использования результатов исследования требует дальнейшего рассмотрения.

Продуктивность, качество и эффективность деятельности предприятия зависит как от работы каждого его сотрудника, так и от функционирования предприятия в целом. При этом следует учитывать неизбежность возникновения на

предприятия критических ситуаций, вызывающих необходимость изменений различной природы. Как же это соотносится с организационными изменениями? Для того чтобы ответить на этот вопрос необходимо проанализировать истоки возникновения категории «изменения». Для чистоты эксперимента уберём прилагательное «организационный». Основываясь на различных источниках можно утверждать, что одними из первых исследователей прошлого, заявивших о категории «изменения» и необходимости изменений являются мыслители: Гераклид из ионийцев, Парменид из Элеи (515-450 гг. до н.э.), Сократ из Афин (470-399 гг. до н.э.), Платон (427-347гг. до н.э.), Аристотель (384-322гг. до н.э.). В их трудах можно проследить упоминания об изменениях. Так Гераклид высказал мнение, что абсолютно всё постоянно меняется, а Парменид придерживался противоположного взгляда. Аристотель, объединив эти два суждения, высказался в своём труде «Изменения и постоянство» об единой природе и неизбежности изменений [79].

Сократ считал, что основным направлением в установлении всего сущего является диалог, в котором на основе изменений, утверждений и отрицаний формируется истина. Ученик Сократа Платон, в своих трудах, утверждал, что материальный мир изменчив и непостоянен. Аристотель ученик Платона высказался о комплексности категории «изменения». Он считал, что изменения состоят из четырёх направлений: изменения в объекте, изменения в качестве, изменения в количестве и изменения в месте. Большинство исследователей античного временного периода, занимающихся изучением и систематизацией трудов прошлого, считают мысли Сократа, Платона и Аристотеля апогеем всей античной философии [79,82]. При этом некоторые из них, такие как английский исследователь Бертран Рассел и другие, высказывают и более радикальное предположение, заключающееся в том, что начиная с эпохи эллинизма взгляды исследователей более поздних временных периодов являются лишь комментариями к суждениям этих трёх мыслителей, которых без преувеличения можно назвать «великой тройкой». Приведённый анализ, естественно не претендует на исчерпывающие исследования по теме, а лишь подчёркивает

возникновение теории такой важнейшей категории развития общества и производства как «изменения» и необходимость перехода к следующему этапу анализа развития указанной категории в формате понятия «общественно-экономическая формация» и всеобщего закона обязательного соответствия производственных отношений характеру производительных сил.

Придерживаясь предложенного в диссертационном исследовании генезиса категории «изменения», следующим этапом анализа развития теории изменений являются труды Карла Маркса и Фридриха Энгельса. Первые упоминания термина – понятия «общественно-экономическая формация» у Карла Маркса появились в его труде «Восемнадцатое брюмера Луи Бонапарта» (1851 г.). Далее в первом томе Капитала (1871 г.) понятие-термин «общественно-экономическая формация» получила название «пружина исторического развития». Основной базой общественно-экономической формации по Карлу Марксу является способ производства, а история развития общества – не что иное, как последовательность изменений способов производства. По Марксу под способом производства понимается совокупность действий по добыванию ресурсов для жизни, а в общественной жизни способ производства представляет собой противоречие между производительными силами и производственными отношениями. Таким образом, Карл Маркс и Фридрих Энгельс открыли закон обязательного соответствия производственных отношений характеру производительных сил. При этом, в расширенном аспекте можно утверждать, что характер производительных сил в организации тесно коррелируется с понятием технологического уклада, и с циркулирующими в нём организационными изменениями. Под технологическим укладом понимается определённое множество сопряжённых производств с едиными техническими и технологическими уровнями на базе существующего способа энергетической генерации. Следует заметить, что в формате данного технологического уклада изменения происходят в организациях с определённой организационной структурой, поэтому здесь и далее речь пойдёт об организационных изменениях и их концепциях. Под концепцией организационных изменений в настоящем исследовании понимается совокупность оптимизационных

подходов, методов и моделей к управлению изменениями, направленными на успешную трансформацию как организации в целом, так и на определённых её уровнях.

В таблице 4 показаны виды организационных изменений в зависимости от ключевых элементов технологических укладов.

Таблица 4 – Виды организационных изменений в эволюционном развитии

Технологические Уклады (ТУ)	1890-1940 Третий уклад	1930-1980 Четвёртый уклад	1970-2010 Пятый уклад	2010-2030 Индустрия 4,0
Ключевой элемент ТУ	Электрическая энергия. Электродвигатели	Энергетика нефтепродуктов для всех видов транспорта	Нетрадиционные источники энергии. Микроэлектрон. компоненты	Клеточные технологии. Нано-технологии
Эпоха	Эпоха стали. Начало второй промышленной революции. Бессемеровский процесс	Вторая промышленная революция. Конвейерное Производство. Бизнес-процессы	Период научно-технического прогресса. Цифровая трансформация производства	Управление с помощью искусствен. интеллекта Сетевой характер управления
Вид организационных изменений. Концепция организационных изменений	Революционный. Внешние изменения. Системный подход к управлению. Конвейерное производство	Эволюционные (постепенные). Новые принципы построения организационных структур бизнес-процессного управления.	Оптимизация производства: - оптимизация оргструктур; - оптимизация технологического сегмента	Реинжиниринг Изменение форм разделения труда.

Примечание. Анализ видов организационных изменений произведён с третьего технологического уклада по причине начала значимого ускорения технического прогресса в аспекте смены эпох.

Далее в формате настоящего исследования приведены суждения различных исследователей, сфокусированных на сущности организационных изменений, моделях управления ими, а также на примате количественных методов оптимизации ключевых показателей моделей.

Появление понятия организационные изменения появилось во второй половине XX века. В современной литературе в ряде исследований методологического характера существует множество определений-терминов, а также суждений об организационных изменениях, поэтому существенный разброс

мнений по этой категории даёт основание о некоторой их эклектичности, в прочем имеющей положительную сторону.

Фред Смит - основатель и генеральный директор Federal Exspress полагает, что организационное изменение - условное обозначение открывающихся возможностей и, если вы способны предвосхищать перемены в бизнесе, перед вами открываются большие перспективы» [81].

Автор Широкова Г.В. считает, что под организационными изменениями следует понимать организационные реформы, в процессе которых формируется новое представление об изменениях в системе ценностей, измеряющих поведение персонала в формате преобразований в процессах, измерениях, методах, стратегиях и проектах, а также при формировании новых подходов организации производственной деятельности [118].

По мнению исследователей В.Н. Попова, В.С. Касьнова, И.П. Савченко М. организационные изменения следует представлять процессом деятельности менеджеров, направленной как на слом существующего динамического равновесия в исследуемой производственной системе, так и на изменениях в её организационной структуре, вызванных этой деятельностью.

Издатели фундаментального труда по эффективному менеджменту О.С. Виханский и А.И. Наумов считают организационные изменения целенаправленными действиями команды менеджеров на производстве по совершенствованию работы структурных подразделений в существующей организационной структуре [25].

Исследователь Ярцева И.М. в своей работе об организационных изменениях говорит о единстве в них цели и средства в условиях общенаучного системного подхода [121].

На основании приведённых в таблице 4, настоящего исследования, данных о зависимости видов изменений в организации от эволюционного развития технологических укладов, а также основываясь на систематизации результатов проведённого анализа о сущности организационных изменений, приведено авторское понимание рассматриваемого понятия. Под организационными

изменения понимается процесс трансформации организации во всех её ипостасях, как-то: объект, стратегия, цель, уровень и способ осуществления, базирующийся на использовании инновационных методов многоуровневой оптимизации.

Предоставленный автором анализ определений понятия «организационные изменения», несмотря на множество вариантов, тем не менее имеет некую общую основу, заключающуюся в том, что в любом случае предполагается наличие двух временных точек с существенными различиями состояниями объекта, что в принципе не противоречит определению в ISO 9000-2000 о «коррекции» организации, как о начальной стадии изменений.

Далее, следуя логике настоящего диссертационного исследования, произведён анализ процесса управления организационными изменениями в формате инновационного процесса.

В целях проведения анализа указанного понятия, необходимо увязать его с такими категориями как новшество (новация) и нововведение (инновация).

Принято считать, что основоположником теории инновации является австрийский учёный Йозеф Алоиз Шумпетер, опубликовавший в 1926 г. книгу «Теория экономического развития». В этом труде учёный изложил сущность инновации как любого возможного изменения, связанного с практическим использованием всего нового как в производстве, так и в социальной сфере. При этом автор выделил пять основных направлений преобразований, систематизируя которые можно разделить и изложить в следующей последовательности инновационных блоков:

- производственные (новые, или существенно изменённые конструкции изделий, виды оборудования, и технологии изготовления;
 - управленческие (усовершенствованные методы анализа экономического обоснования, новые виды менеджмента и маркетинга.
 - информационные (новые способы сбора, обработки информации для оптимизации и принятия управленческих решений).
 - социальные (новые подходы к улучшению условий труда, быта качества жизни).
- Говоря об управлении организационными изменениями следует отталкиваться, по

мнению автора настоящего исследования, от суждений английского экономиста времён меркантилизма, который в своём сочинении «An essay on the government causes of the natural of interest» (1750 г.) определяет управление переменами как сознательную и согласованную инициативу несущих ответственность за реализацию всего нового.

В настоящем исследовании данная категория определяется следующим образом: управлением организационными изменениями называется процесс использования нововведений, включающий такие взаимосвязанные этапы как прогнозирование, планирование, внедрение, мониторинг, контроль, корректировка и рационализация в целях получения наилучшего организационного изменения. Наличие в приведённом определении этапа рационализации связано с тем, что в настоящем моменте при реализации нововведений на предприятиях с бизнес-процессным управлением производства для управления организационными изменениями далеко не всегда достигаются поставленные цели, поэтому требуется корректировка процесса в формате осуществления определённой процедуры рационализации. По мнению автора процедуру рационализации и, связанные с ней организационные изменения, следует детализировать и «привязать» к этапам многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий, а именно:

- оптимизацию оргструктуры предприятия на институциональном уровне;
- оптимизацию оргструктуры предприятия на техническом уровне (в настоящем исследовании-размещение контрольно-испытательных постов);
- оптимизацию оргструктуры на технологическом уровне (в настоящем исследовании- оптимизация системы допускового контроля).

Далее, в аспекте определения управления организационными изменениями инициируется появление иных мнений и суждений. Так в учебном пособии А.А. Данелюка понятие управление изменениями трактуется как процесс, позволяющий предприятию осуществить модернизацию своей организационной структуры или её части при условии сохранения целостности целей и задач [35].

В научной статье Е. В. Коваленко и указывается о возросшей актуальности проблематики управления организационными изменениями в аспекте повышения конкурентоспособности промышленных предприятий на базе стратегических изменений. Далее в статье говорится о приоритете концепции организационных изменений, предложенной К. Левиным [53]. Там же устанавливается важность научных исследований по указанной тематике как российских, так и зарубежных исследователей, таких как Дж. Харрингтон. Совершенно очевидно, что управление организационными изменениями положительно скажется на коммуникационной составляющей, так как чёткая двухсторонняя коммуникация в системе потребитель-производитель повысит эффективность предприятий, работающих по бизнес-процессной схеме [112].

Подводя итоговую черту под кратким анализом понятия управления организационными изменениями в настоящем исследовании отмечается следующее. Прежде всего, и это не прозвучало ранее, под управлением системой, к коей и относится промышленное предприятие, понимается выработка корректирующих управленческих воздействий при внедрении изменений в организацию с целью снижения актуальности различного рода проблем в основном-технологического характера. Целью таких уже организационных изменений является обеспечение стабильного функционирования предприятия с установленными показателями объёма и номенклатуры выпуска продукции с заданным уровнем качества.

В условиях быстро меняющихся политических, экономических, социальных и технологических планах хозяйствования, а также, что критически важно, в плане освоения инновационных технологий и цифровизации производственного процесса, одним из источников технологических проблем является скорость их нарастания, что естественно накладывает дополнительные ограничения на процесс управления организационными изменениями. При этом возникает необходимость осуществления в организациях комплексной, долгосрочной деятельности по повышению эффективности функционирования организации и адаптации её к организационным изменениям, т.е. – к её организационному развитию [57, 94].

Все приведённые рассуждения, исходя из конкретики настоящего исследования, полностью применимы к промышленным предприятиям, функционирующим по бизнес-процессной схеме управления. Так в статье исследователей К.А. Гиносяна и К. Георгияна под организационным развитием понимается непрерывный и научно обоснованный долгосрочный процесс, состоящий в наращении предприятием своего технологического потенциала и адаптации к изменениям для достижения бизнес-процессами предприятия поставленных целей и задач путём реинжиниринга [32]. Однако следует заметить, что реинжиниринг при всех положительных свойствах обладает весьма существенными недостатками:

- высокая длительность процесса;
- существенно значимые затраты на реализацию;
- ущемление прав сотрудников, приводящее к возникновению конфликтных ситуаций;
- высокий процент отрицательных исходов при реализации процесса реинжиниринга.

К приведённому перечню следует добавить тот факт, что реинжиниринг как процесс совершенствования организационного развития является последней «инстанцией», в то время как оптимизация представляет собой циклическую процедуру, осуществляемую по математической модели и установленных ограничениях в количественном предоставлении переменных.

В таблице 4 показаны зависимости оргструктур предприятий от технологических укладов, а именно в организационных структурах и происходит управление организационными изменениями, поэтому за основу реализации организационного развития в настоящем исследовании принимается многоуровневая оптимизация организационных структур бизнес-процессов предприятия. Следует заметить, что при такой постановке вопроса понятие организационного развития коррелируется с организационным проектированием, в которой, как продолжение организационного развития, разрабатываются

рациональные оргструктуры с циркулирующими в них организационными изменениями.

В соответствии с концепцией стратегической карты в исследовании Дэвида Нортон и Роберта Каплана, где из причинно-следственных цепочек, графически отражающих логику стратегии, следует утверждение, что реализация одной стратегической цели будет способствовать достижению других. В этой связи логично экстраполировать концепцию стратегической карты на модели организационных изменений как формирования дорожной карты. На основе анализа и систематизации видов моделей организационных изменений и управления ими, приведена авторская классификация моделей во временном аспекте. В таблице 5 приведены сущностные характеристики основных видов моделей управления организационными изменениями в их эволюционном развитии.

Таблица 5 – Виды моделей управления организационными изменениями во временной последовательности с краткими характеристиками их сущности

Виды моделей организационных изменений	Временной период. Возникновение и использование	Сущностная характеристика	Преимущества и недостатки
Трёхступенчатая модель Курта Левина	1947 г. – по настоящее время. Используется в настоящем совместно с методом анализа больших данных	Трёхступенчатая модель, в которой ОИ происходят в формате размораживание-изменение-замораживание. Модель является фундаментом современных подходов к организационным трансформациям	Преимущества: – системный подход к изменениям; – акцент на роль лидерства в коммуникации. Недостаток – низкий уровень содержательной стороны
Пятистадийная модель жизненного цикла Л. Грейнера	1972 г. Ограниченное использование на этапе трансформации экономики	Изменение через творчество директивное руководство, делегирование полномочий, координацию, сотрудничество	Преимущества: - возможность структуризации проблем; - анализ финансовых показателей. Основные недостатки-размер организации и ограниченный жизненный цикл

Восьмишаговая модель управления изменениями Д. Коттера	1995 г. – по настоящее время в бизнес-структурах	Гарвардская школа бизнеса, позволяющих преодолеть типичные препятствия на пути преобразования от единичного процесса до полной трансформации бизнеса	Преимущества: – наличие чёткой дорожной карты; – цифровая трансформация. Недостатки: – значительное время реализации; – недостаточность деталей реализации
Модель управления Ицхака Адизеса (PAEI)	1970 г. – по настоящее время. Применяется при анализе оптимальности оргструктуры	Метод диагностики текущего состояния организации	Преимущества: взаимосвязь жизненного цикла организации с доминирующими управленческими ролями. Основной минус – недостаток научности метода

Основные выводы: в материале, представленном в таблице 5 отсутствуют рекомендации по переходу предприятия из одного состояния в другое более совершенное в зависимости от уровня технологического развития, типа организационной структуры и количественных характеристик вероятности такого перехода.

Подводя итоговую черту под кратким анализом исследований, относящихся к управлению организационными изменениями, как к определению их сущности, так и как к процессу, в настоящем исследовании отмечается следующее. Прежде всего под управлением организационными изменениями на предприятии понимается выработка корректирующих управленческих воздействий при внедрении организационных изменений в производственную структуру. Целью таких управленческих воздействий, осуществляемых менеджерами разных уровней, является создание механизма максимальной адаптации организационных изменений в производственный процесс для обеспечения стабильного функционирования предприятия с установленными показателями объёма, номенклатуры и качества выпускаемой продукции на этапах жизненного цикла предприятия. В соответствии с вышеизложенным в настоящем исследовании

представлена концепция модернизации модели жизненного цикла организации И. Адизеса на основе количественной оценки критичных этапов цикла, позволяющая придать модели практическую и экономическую направленность [73].

Представленная концепция модернизации модели жизненного цикла организации И. Адизеса базируется на основе количественной оценки вероятности перехода этапов цикла, позволяющая подробно охарактеризовать каждый этап цикла в формате моделей технологической тяги и технологического толчка с приданием на этапах значений основных экономических характеристик в виде достигнутых показателей реализации технологического процесса.

В диссертационном исследовании, модель жизненного цикла И. Адизеса модернизирована в целях расширения функциональных возможностей модели и повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятий на базе возможности прогнозирования производства. Модернизация произведена на основе систематизации опубликованного материала по модели И. Адизеса.

Несмотря на разноплановость, объединение исследовательских блоков в модели преследует единую цель – повышение эффективности хозяйственной деятельности как в текущем периоде, так и в перспективе, – в стратегическом плане. На рисунке 4 представлена графоаналитическая модернизированная модель жизненного цикла предприятия.



Рисунок 4 – Графоаналитическая модель жизненного цикла на основе практических дополнений в динамике производственного процесса

Источник: Систематизировано автором на основе изучения и анализа трудов Ицхака Кальдерона Адизеса и исследователей организационных изменений.

Основной идеей в оригинальной модели И. Адизеса являются следующие положения:

- точки этапов жизненного цикла организации расположены на кривой жизненного цикла, являющейся по форме и по существу законом Гаусса, характеризующем вероятностное распределение значений параметров предприятий на точках кривой; (Рисунок 4)

- организация осуществляет свою деятельность от начала существования «выживание» до наивысшей её эффективности «стабильность» – восходящая ветвь распределения Гаусса;

- обратный процесс функционирования организации «стабильность» – «умирание» располагается на нисходящей ветви распределения Гаусса.

Основными недостатками модели являются отсутствие количественных индикаторов этапов перехода предприятия в положение, соответствующее его состоянию по жизненному циклу, т.е. по параметру объёма выпуска продукции, а также рекомендаций по мероприятиям и видам оптимизации оргструктуры на этапах жизненного цикла.

Новизной в модернизированной модели в настоящем исследовании является представление следующей последовательностью действий:

- выражение каждой точки перехода предприятия по жизненному циклу, степенью разброса «сигма» параметра объёма выпуска продукта от средней планируемой величины;
- определение вероятности точек перехода на всех этапах модели как частного от деления достигнутого объёма (P_d) к планируемому ($P_{пл}$). Установление вероятностей способствует прогнозированию значений точек перехода в формате непрерывности их реализации по циклу;
- указание вида совершенствования оргструктуры при трансформации.

Наименование точек перехода на этапах жизненного цикла	Вероятность перехода установлена как отношение действительного объёма к плановому. $P = P_d / P_{пл}$	Объём выручки продукции на точках перехода. $P_{пл}$ -плановый объём выручки 2550000 т.р. P_d -действительный объём выручки	Организационно-экономические мероприятия рационализации
Выживание (1) единичное производство	$P_1 = 0,015$	1550000 т.р.	Рационализация всей оргструктуры
Давай-давай (2) Мелкосерийное производство	$P_2 = 0,34$	2500000 т.р.	Рационализация КИП
Расцвет (3) Крупносерийное производство	$P_3 = 0,67$	3600000 т.р.	Рационализация доп. контроля

Рисунок 5 – Индикаторы основных точек перехода в модели и рекомендуемые мероприятия для их реализации

Цифровые данные приведены из практических исследований в формате настоящей работы при апробации методик рационализации на АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» по отношению к конкретной продукции (дизельный двигатель G-серии) с параметрами плановой выручки $\Pi_{ПЛ}=2550000$ тыс. руб. Критическая значение вероятности перехода точки «Расцвет» ($P_k=0,6$). $P = 1712345/2550000 = 0,671$.

В случае недостижения – принимается управленческое решение: переход на точку «расцвет» возможен, при осуществлении оптимизации, например технического сегмента. Управленческим решением называется модулирующий сигнал из MES – системы, обозначающий готовность предприятия к переходу на следующий уровень, что повышает эффективность хозяйственной деятельности предприятия за счёт снижения временного лага на принятие управленческого решения.

В таблице 6 приводятся обозначения этапов жизненного цикла организационных изменений и вида статистических характеристик трансформации.

Таблица 6 – Значения статистических характеристик трансформации жизненного цикла предприятия

№	Количественные характеристики этапов жизненного цикла производственного процесса				
1.	Наименование этапа процесса	Средняя величина (плановая величина) $\Pi_{ПЛ} = \text{constant}$	Средне квадратическое отклонение (степень разброса на i -том этапе. $\sigma(x_i) = \text{constant}$. -выпуск продукта на i -том этапе. $\Pi_{д i} = \Pi_{ПЛ} - n_i \sigma$ n_i -кол. единиц σ на i -том этапе	Коэффициент вариации как отношение степени разброса к средней величине. $K_{vari} = \sigma / \Pi_{д i}$	Вероятность перехода, как отношение выпуска продукции на i -том этапе к средней величине $P_i = \Pi_{д i} / \Pi_{ПЛ}$ Вид оптимизации
2.	Базовые характеристики процесса	Плановая величина выпуска продукции	Объём выпуска продукции на этапах	Коэффициенты вариации	Вероятность перехода этапов

В аспекте производственной деятельности в настоящем диссертационном исследовании приведён пример использования модернизированной модели жизненного цикла на предприятии АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», АО «Нижегородский завод дизельных двигателей».

В качестве инновационного элемента приведена технология изготовления изделия «двигатель» с использованием автоматизированной системы управления производством MES-системы. В таблице 7 приведены эмпирические данные количественных характеристики этапов жизненного цикла изделия.

1. Промежуточные этапы жизненного цикла начиная со 2 по 4 опускаются по причине определённости динамики изменения показателей процесса.

2. Количество единиц разброса (нестабильности) на этапах 2, 3, 4, устанавливаются соответственно: 2,5; 2,0; 1,5 с дискретной 0,5.

3. Наблюдается динамика повышения вероятности готовности предприятия к переходу на более высокий уровень его функционирования и соответственно повышения стабильности процесса (значения коэффициент вариации) имеют тенденцию к снижению.

Таблица 7 – Статистические характеристики параметров жизненного цикла

Наименование этапа процесса	Средняя плановая величина объём выпуска в тыс.руб. в год (Результирующий показатель) $P_{пл}=2550000$ тыс.руб.	Средне квадратическое отклонение (степень разброса на i-том этапе. $\sigma = 837655$ тыс.руб. $P_{дi}$ -выпуск продукта на i-том этапе. $P_{дi} = P_{пл} - n_i \sigma$ n_i -кол. единиц σ на i-том этапе Максимальное кол. единиц разброса (нестабильности) $n=3$	Коэффициент вариации как отношение степени разброса к средней величине. $K_{var\ i} = \sigma / P_{дi}$	Вероятность необходимости перехода, как отношение выпуска продукции на i-том этапе к средней величине $P_i = P_{дi} / P_{пл}$
1. Начало процесса X_1 (выживание)	$P_{пл}=2550000$ тыс. руб. $\sigma=837655$ тыс.руб.	$P_{д1} = P_{пл} - 3 \sigma$ $P_{д1}=37000$ тыс.руб.	$K_{var-1} \geq 1$	$P_1 = P_{д1} / P_{пл}$ $P_1=0,015$ Рационализация оргструктуры

2. Движение «давай-давай»	$P_{ПЛ}=2550000$ тыс. руб. $\sigma=837655$ тыс.руб.	$P_{Д2}= P_{ПЛ} - 2\sigma$ $P_{Д2}=874690$ тыс.руб.	$K_{var-2}=0,95$	$P_2= P_{Д2} / P_{ПЛ}$ $P_2=0,34$. Рационализация КИП
3. Окончание Процесса Х ₅ (расцвет)	$P_{ПЛ}=2550000$ тыс. руб. $\sigma=837655$ тыс.руб.	$P_{Д2}= P_{ПЛ} - \sigma$ $P_{Д2}=1712345$ тыс.руб	$K_{var-5}=0,48$	$P_3= P_{Д3} / P_{ПЛ}$ $P=0,67$. Рационализация Допускового контроля

Выводы по эффективности модернизированной модели И. Адизеса на предприятии количественные характеристики, приведённые в таблице 7, дают возможность при достижении предприятием определённых ключевых значений результирующего показателя функционирования, принять управленческие решения в следующих направлениях:

1. Оптимизация оргструктуры предприятия на всех (некоторых) её уровнях;
2. Полностью или частично изменить менеджмент предприятия;
3. При достижении критического значения вероятности принять решение о переходе предприятия на следующий этап жизненного цикла.

Предприятие АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» в результате использования настоящей методики модернизации модели И. Адизеса и при запуске в производство MES-системы с дополнительными усовершенствованиями в виде «цифровых двойников» получило годовой экономический эффект в размере 25 % от плановых затрат.

Современные подходы к управлению процессом организационных изменений существенно модернизированы и базируются на процедурах оптимизации, реализованных на основе цифровизации и компьютерного моделирования. В настоящем исследовании предложен подход к управлению указанного процесса на принципах автоматизированного управления изменениями, суть которого предоставлена далее. По существу, современные промышленные предприятия в том числе и машиностроительные комплексы, функционирующие по бизнес-процессной схеме, являясь открытыми по

отношению к внешней среде организациями, представляют собой замкнутого автоматизированную схему, которая представлена на рисунке 6.

В настоящем исследовании приводится схема блока управления изменениями, связанными с нововведением в виде оптимизации организационной структуры предприятия, а также оптимизации допусков на параметры изделия. Оптимизационные процедуры осуществляются в управленческих и технологических подсистемах с целью увеличения их эффективности, стабильности, сокращения временного лага и уменьшения риска.

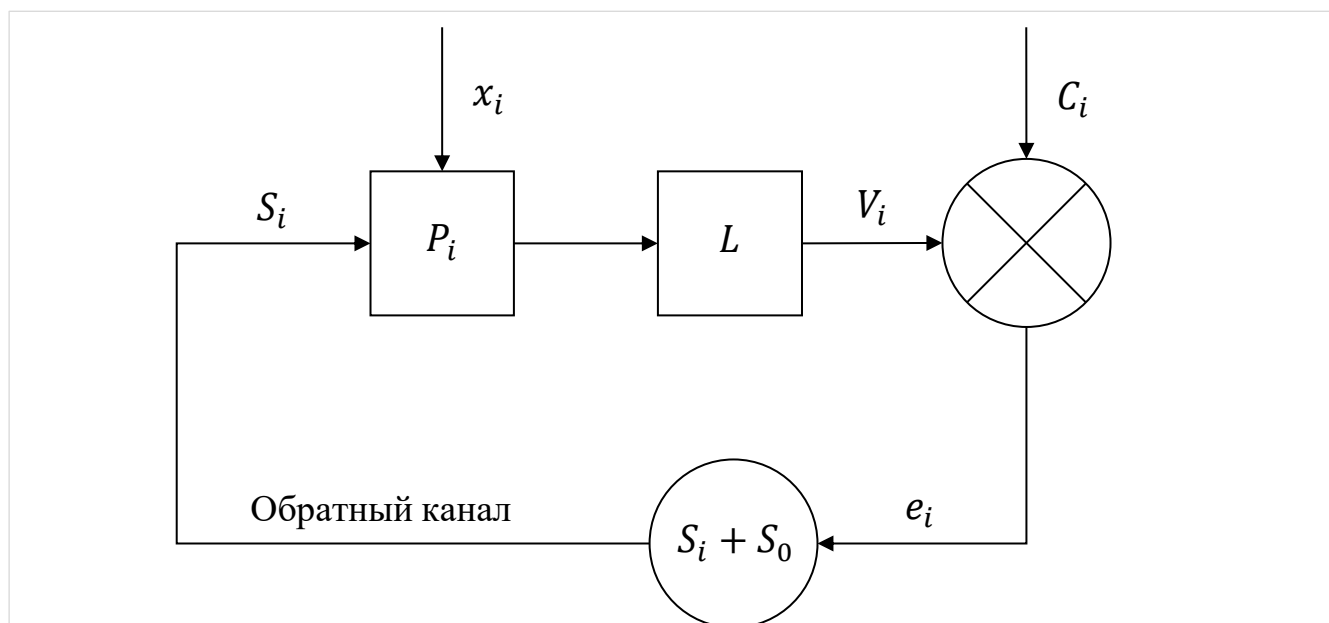


Рисунок 6 – Блок-схема управления изменениями на предприятии с бизнес-процессной схемой функционирования

На рисунке 6 изображено множество подсистем S_i совместно с координатором S_0 , которые встроены в организационную структуру, функционирующую в режиме автоматизированного управления с электронным документооборотом в процессе P_i . Информация от векторов-выходов подсистем V_i по информационной цепи обратной связи, поступая в блок L , осуществляющий ретрансляцию выходов подсистем V_i , и далее в блок сравнения с координирующим сигналом C_i , где отражаются дестабилизирующие воздействия вида e_i от использования нового изменения – оптимизация организационной структуры и оптимизация допусков на параметры изделий. Изменение считается внедрённым, если сигнал рассогласования e_i не превышает значения координирующего сигнала

вида C_i . При этом стабильность предприятия сохраняется, если воздействие $F(V_i) = F(V_i + 1); \dots; = F(V_n)$.

По существу, представленная на рисунке 6 блок-схема управления изменениями на предприятии с Бизнес-процессной схемой функционирования является прообразом автоматизированной системы управления производством MES-системы.

В настоящем, реальная экономико-политическая ситуация в РФ требует реализации комплекса национальных проектов, при которых требуется осуществление масштабных организационных изменений во всех отраслях народного хозяйства страны на научной фундаментальной основе.

Естественно, что для подобной трансформации необходим инновационный подход к теории и практики организационных изменений и к методам управления ими, направленными на совершенствование внутрифирменного планирования на основе многоуровневой рационализации. Так, в исследовании Зимина Л.Ю. приведено, что при расчёте общефирменных затрат можно использовать подходы аналогичные расчёту текущего эффекта системы внутрифирменного планирования, так как эти затраты будут определять также вклад системы планирования [48].

Дело в том, что система MES входит как функционально законченный блок в систему ERM, которая, являясь системой планирования ресурсов, интегрирует все аспекты бизнеса, включая производство, финансы, снабжение и управления человеческими ресурсами. Исходя из представленной данности, организационные изменения, реализованные на этапах многоуровневой рационализации, формируют многоуровневое повышение эффективности хозяйственной деятельности с применением следующих инструментов рационализации в форматах:

- рационализация оргструктуры на институциональном уровне, которая позволяет сократить затрат на человеческие ресурсы путём исключения дублирования функций;
- оптимизация технического сегмента позволяет уменьшить затраты на контроль и технологическое оборудование контрольно-измерительных постов;

- рационализация технологического сегмента в формате трансформации системы допускового контроля, обеспечивающая снижения себестоимости продукции за счёт расширения поля допуска соответственно при сохранении требуемой надёжности изделия и перехода на отечественное оборудование более низкого класса точности.

Материал раздела настоящего исследования обеспечивает переход от качественных, описательных концепций организационных изменений к количественным алгоритмизированным моделям. Предложенная модернизация модели жизненного цикла предприятия с внедрением показателя «вероятность перехода» и её интеграция с MES-системами представляет собой инструментальный прорыв, позволяющий перевести управление организационными изменениями в формат оперативного, автоматически поддерживаемого бизнес-процесса рационализации организационных структур.

На основе анализа генезиса понятия «изменения» установлено, что организационные изменения не являются отдельным изолированным управленческим актом, а представляет собой процесс преобразования деятельности предприятия с целью повышения его эффективности, интенсивность и характер которого не только коррелирует со сменой технологических укладов, но и обуславливает усложнение оргструктур по мере развития технологий, что обосновывает необходимость адаптивных моделей управления.

Анализ основных существующих моделей управления организационными изменениями показал их фрагментарность и недостаточную формализацию для целей точного прогнозирования эффективности управленческой деятельности и их интеграцию в MES-системы для оперативного принятия оперативных экономических решений.

1.3 Повышение эффективности организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения на основе совершенствования процессного управления

На этапе Индустрии 4.0 в условиях глобальной конкуренции, изменчивости рынков сырья, материалов, оборудования и возросших требований к качеству

продукции машиностроительный комплекс сталкиваются с необходимостью кардинального пересмотра и трансформации подходов к организации своей деятельности. Главенствующим фактором функционирования предприятий машиностроения на этапе Индустрии 4.0 является фундаментальный переход от автоматизации отдельных производственных процессов к созданию цифрового контура из гибких организационных структур бизнес–процессов предприятия, при котором оборудование, изделия и персонал обмениваются данными в реальном времени без постоянного вмешательства человека.

Следует отметить, что при указанной трансформации существует взаимосвязь между повышением эффективности оргструктур и совершенствованием процессного управления в машиностроении, носящая циклический и взаимозависимый характер. При этом процессное управление, диктуя и формируя тип оргструктуры, обосновывает её переход от функционального типа к процессно-ориентированному. Одной из основных задач данного формата управления является устранение межфункциональных барьеров, что в машиностроении критично для сокращения цикла «проектирование - производство - сбыт», реализуемого организационными структурами предприятий. Таким образом совершенствование процессного управления выявляет узкие места в производственной деятельности, требующие совершенствования организационной структуры на основе многоуровневой рационализации в целях повышения её эффективности и адаптации в условиях крайней изменчивости внешней среды. В свою очередь эффективная оргструктура с чётким распределением ролей владельцев и распределением функций по подразделениям обеспечивает скорость принятия решений, гибкость реакции на изменения рынка или технологий и в итоге усовершенствовать процессное управление. Таким образом без адаптации оргструктуры любые методики совершенствования процессного управления (Lean, BPMN) являются лишь имитацией совершенствования и, как правило, остаются проектами. Вышеизложенное обосновывает необходимость рассмотрения эволюции управления.

Анализ функционирования современных промышленных предприятий выявляет ряд системных проблем, негативно влияющих на эффективность организационных структур бизнес-процессов. Несмотря на внедрение элементов автоматизации и цифровизации многие предприятия продолжают работать в рамках жёсткой функциональной иерархии [14,22,34], при которой сотрудники зачастую сосредоточены на оптимизацию работы своего подразделения в ущерб общим целям предприятия, что приводит к рассогласованию бизнес-процессов, увеличению производственного цикла и росту операционных затрат.

Статистические данные по промышленному сектору свидетельствуют о том, что до 30% рабочего времени сотрудников уходит на согласования, поиск информации и устранен ошибок, возникающих на стыках подразделений организационной структуры. Прозрачность деятельности снижается и возникают дополнительные издержки, связанные с ресурсами и логистикой растут, что в условиях снижения прибыли такого рода неэффективность становится критической.

Далее, анализ показывает низкую адаптивность существующих типов организационных структур к изменениям внешней среды. При этом внедрение новшеств или изменение технологии производства в функциональной структуре требует длительных процедур пересмотра должностных инструкций и регламентов множества подразделений в существующей оргструктуре. В процессном подходе изменения вносятся в карту бизнес-процессов, что существенно быстрее и менее болезненно для организации.

Так на примере предприятий Нижегородского региона АО «Нижегородский завод дизельных двигателей», АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», ООО «НижПромРазвитие». наблюдается диспропорция в организационных структурах при распределении задач и полномочий по подразделениям: одни из них являются «узкими местами», тормозящими всю производственную цепочку и, соответственно, весь поток создания ценности, другие имеют избыточные мощности. Выявление и устранение таких диспропорций невозможно без сквозного анализа как сквозных, так и технологических процессов бизнес-

процессов от входа (сырьё, запрос клиента) до выхода (готовая продукция и оплата).

Таким образом резервы повышения эффективности оргструктур бизнес-процессов скрыта не столько в интенсивности наращивании ресурсов, сколько в интенсификации управления внутренними производственными потоками различного рода и направленности. Совершенствование и рационализация процессного управления выступает инструментом, позволяющим вскрыть эти резервы, устранить издержки, повысить производительность труда и в совокупности повысить эффективность хозяйственной деятельности предприятий.

Существует мнение, что процессное управление является результатом нововведений последнего времени, но это не совсем так. За последнее десятилетие большинство исследователей, занимающихся проблемами модернизации управления организациями и предприятиями с целью повышения их эффективности перед лицом возросших геополитических, экономических и иного рода вызовов, в качестве отправной точки в своих работах называют труды Адама Смита и Фредерика Тейлора [133,134]. Так в работе Адама Смита «Богатство народов», опубликованной в 1784 г., указывается о преимуществах разделения труда и о функциональной специализации в промышленном производстве и делается акцент на дифференциацию производства как по горизонтали, так и по вертикали, что по их предположению положительно отразится на производительности труда. При этом, в работе говорится о наличии рыночного ограничения этого процесса, а также указывается на простоту постановки задач перед исполнителями с целью быстрее усвоения ими поставленных задач и методов их решений. Фредерик Уинслоу Тейлор, основатель теории научного управления, в своих трудах в начале XX века говорил о необходимости разбиения общего объёма работы на составляющие с тщательным их измерением, что, в сущности, является стандартизацией производства и прообразом современного процессного управления. Не менее важны и значимы исследования Генри Форда и Альфреда Слоуна. Они, в свою очередь, принципы разделения труда распространили на управление организацией [135]. В работах Вильяма Шухарта и

Эдварда Деминга был предложен принцип постоянного статистического контроля качества изделий на протяжении всего технологического процесса [37].

Из приведённого анализа можно сделать следующий вывод: особенности воздействия внешней среды, в формате которой осуществлялась деятельность предприятий «конвейерного» типа в начале прошлого столетия, характеризовались относительно невысокой степенью подвижности с повторяющимися дестабилизирующими вызовами. Управление на предприятиях строилось в основном на принципах линейного метода в условиях краткосрочного и среднесрочного планирования с пооперационным и выходным контролем технологических операций и контролем за выполнением закреплённых за исполнителями функций в условиях стабильности поставок и спроса. Функции как правило являлись простыми и регулярно повторяющимися, и не требующими больших затрат на обучение. Примерами могут служить конвейерные технологии с иерархичной организационной структурой производства. Принято считать, что основным недостатком конвейерного производства являлась его монотонность при несомненных преимуществах в виде большой результативности. Однако следует заметить, что указанный недостаток не единственный; данное производственное образование, кроме негативных социально-психологических моментов и единоначалия существенно тормозит совершенствованию подходов к управлению предприятиями.

Как было указано в анализе конвейерно-ориентированного производства, являющегося доминирующей формой на предприятиях 30-х годов прошлого века, внешняя среда характеризовалась невысокой степенью подвижности с повторяющимися дестабилизирующими вызовами. Иная картина сложилась в начале 50-х годов на этапе глобальной деконцентрации мирового производства, где общемировой уровень производства продукции снизился практически во всех отраслях. Однако с начала 2000-х годов концентрация мирового производства вновь начала возрастать. Из приведённого следует, что внешняя среда обладает высокой степенью волатильностью таких факторов как усложнение производства, повышение производительности труда, снижение затрат на производство и

возрастание роли конкурентных преимуществ в формате интеграционных процессов. В этой расстановке сил организация функционирования предприятий на основе конвейерного производства на принципах линейного метода утратила свою значимость и сформировались предпосылки перехода управления на функциональный и процессный подходы [43,44].

Для описания сущности процессного подхода необходимо рассмотреть всю цепочку изменений в управлении. При усложнении производства и развитии интеграционных процессов конвейерное производство на основе линейного метода потеряло свою актуальность. Американский инженер Фредерик Тейлор разработал и обосновал концепции научного менеджмента и научной инженерии, на основе которых им были предложены теоретические основы управления предприятием, впоследствии получившими название функционального подхода в системе массового производства. В 1911 г. им был опубликован труд «Принципы научного управления», в котором предлагалась некая конструкция управления с определённым набором функций, закреплённых за совокупностью подразделений предприятия, работающего по функционально-иерархическому принципу. Далее, на основании изложенных в работе положений, функции исполнялись сотрудниками подразделений предприятия в соответствии с их квалификацией и специализацией. При этом в соответствии с принципом постоянного контроля Тейлором предполагалось наличие должности технического инспектора и осуществление цикла PDCA (планируй, делай, проверяй, действуй), который реализовался на уровнях управления потоками информации «сверху-вниз» и «снизу-вверх», что существенно повысило производительность труда на предприятиях.

Основной предпосылкой построения функциональной модели управления предприятием по Ф. Тейлору является невысокий профессиональный статус работника, предусматривающий наличие достаточно простых технологий с целью их быстрее овладения работниками.

В настоящем диссертационном исследовании показан реально существующий функциональный-ориентированный подход на предприятиях

машиностроения, осуществляемый путём координации и оптимизации деятельности каждого подразделения. Делегирование полномочий в подразделениях производится через функции как вида деятельности, сформированного на принципе общности работ при формировании различных видов организационных структур, таких как: линейная, функциональная, дивизионная и другие. Степень дифференциации функций от общих к специальным устанавливалась в зависимости от специфики и объёма производства.

Доминирующей особенностью или сутью функционального подхода к управлению производством является перманентный контроль за качеством выполнения сотрудником закреплённых за ним видов деятельности (функций) и руководящих указаний руководителя подразделения в формате всей организационной структуры предприятия [75,76,77].

На рисунке 7 приведена схема линейной организационной структуры на предприятиях машиностроительной отрасли.

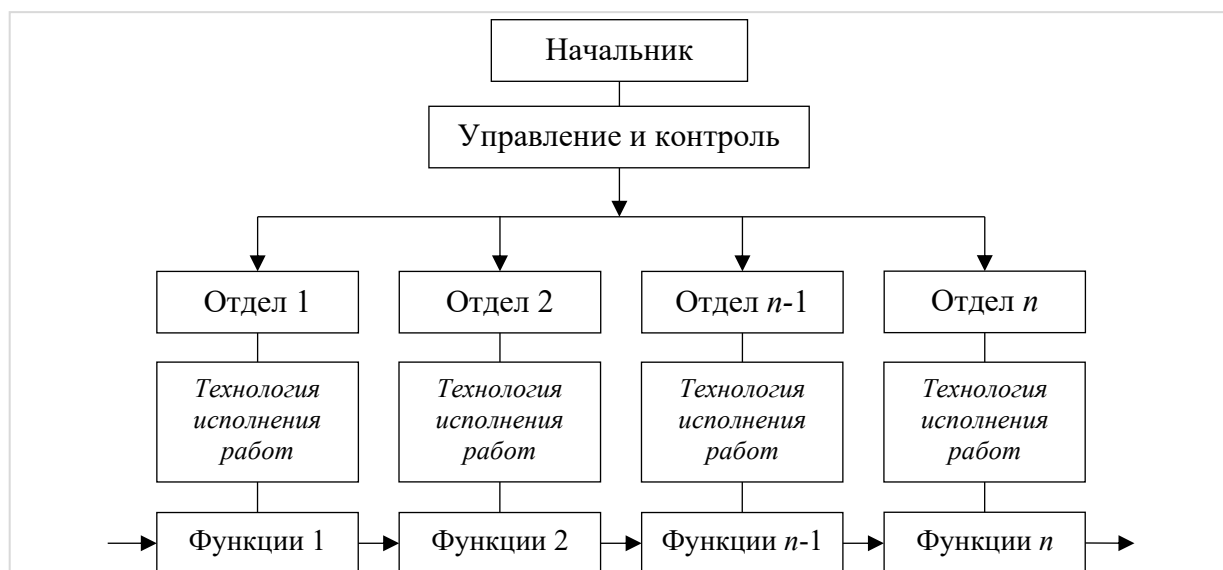


Рисунок 7 – Линейная организационная структура

Достаточно долговременной практикой установлено, что через определённый временной лаг в связи с частичной потерей эффективности производства в общем масштабе и в частности - на предприятиях машиностроения возникает необходимость в осуществлении рационализации их организационной структуры и функций.

С начала 70-х годов в мировой экономике наблюдается быстроменяющаяся внешняя среда с неожиданными и неузнаваемыми изменениями. На рисунке 8 представлена внешняя среда 70-х годов.

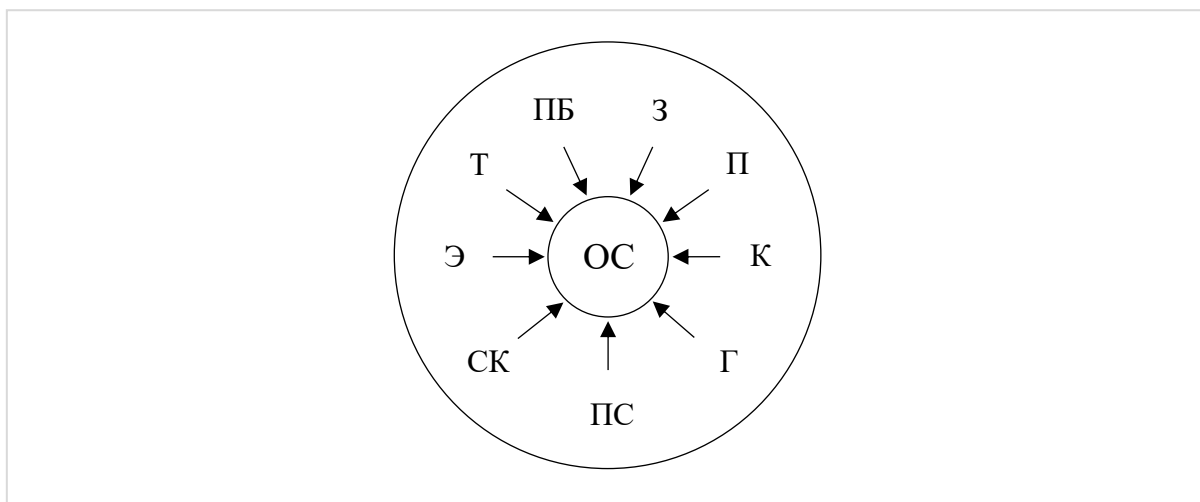


Рисунок 8 – Компоненты внешней среды

На рисунке представлены:

ОС – организационная среда;

ПБ – потребители;

Т – технологии;

Э – экономика;

СК – социальная культура;

ПС – поставщики;

Г – государство;

К – конкуренты;

П – политика;

З – законы.

С учётом прямого и косвенного воздействий компонентов быстроменяющейся внешней среды. был определен такой базовый принцип управления организацией как долгосрочное стратегическое планирование со встроенными системами маркетингового исследования и автоматизированных методов контроля с обратной связью.

В настоящем диссертационном исследовании под процессным подходом к управлению предприятием понимается совокупность следующих моментов:

- диверсификация деятельности предприятия на отдельные бизнес-процессы;
- дифференциация системы управления на подсистемы управления каждым бизнес-процессом.
- интеграция системы управления качеством в систему процессного управления;

Совместное рассмотрение процессного управления и оргструктуры предприятия.

На рисунке 9 представлены основные элементы процессного подхода.

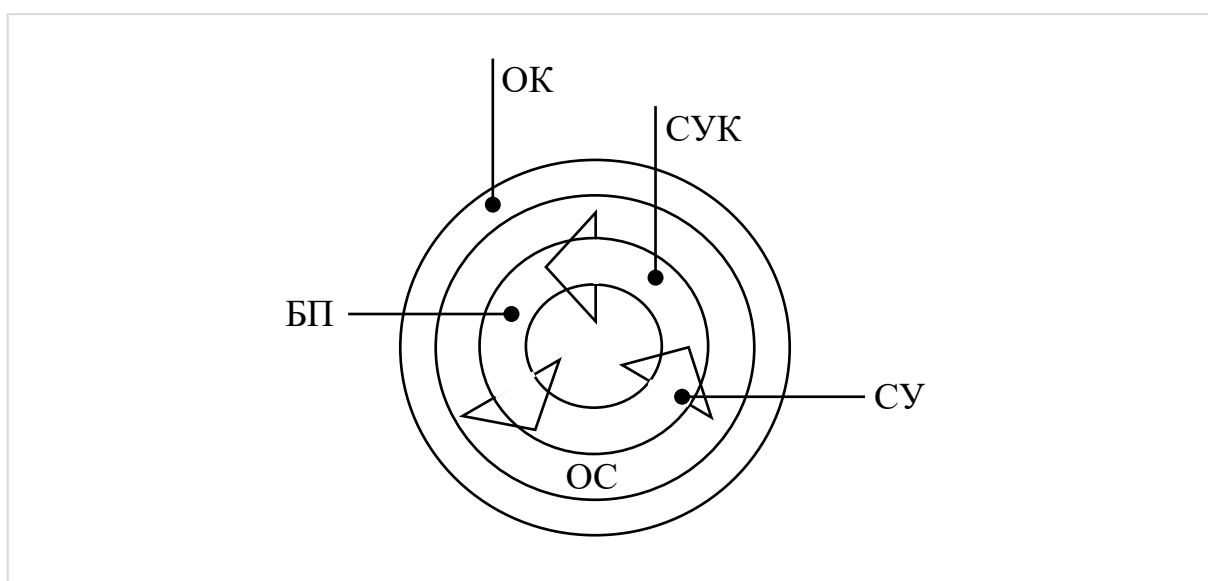


Рисунок 9 – Основные элементы процессного подхода

На рисунке отображены:

ОС – организационная структура предприятия;

БП – совокупность бизнес-процессов;

СУ – система управления предприятием на базе процессного подхода;

СУК – система управления качеством на предприятии;

ОК – система социокультурных ценностей.

Анализируя и систематизируя материалы исследований 2020-х годов, направленных на развитие процессного управления в формате настоящей диссертационной работы автором приведено своё видение указанного научного направления.

При рассмотрении перехода от функционального подхода к процессно-ориентированному следует остановиться на основных моментах системного подхода. В аспекте новой парадигмы целью функционирования предприятия является удовлетворение интересов участников его организационной структуры (системы), при одновременном удовлетворении составляющих внешней среды. В аналитическом подходе система изучается в определённой последовательности: разбиение её на части, изучение каждого элемента в отдельности и синтез полученных результатов с объяснением системы в целом в новом аспекте. В системном подходе система изучается в тесной взаимоувязке с внешней средой. При этом системное мышление включает в себя три ипостаси: механистические (детерминированные) структуры - системы «исследование операций», открытые кибернетические системы и структуры самоорганизации в формате социокультурных систем. В нашем случае функционирование и оптимизация детерминированных оргструктур предприятий должны пересматриваться в соответствии с новым типом внешней среды, что в аспекте функциональной оптимизации сделать невозможно. Принимая во внимание вышесказанное в логике настоящего исследования, следует сделать вывод об обоснованной необходимости перехода на процессное управление организацией. Исходя из темы настоящего диссертационного исследования со всей очевидностью следует вывод, что в качестве объекта процессного управления должно выступать высокотехнологичное предприятие машиностроения со свойственной ему многоуровневой организационной структурой. При этом многоуровневость затрагивает институциональный, технический и технологический уровни предприятия. Из приведённого анализа можно сформулировать следующий тезис, подчёркивающий основу различия двух представленных подходов: при процессном подходе к управлению формируется и прогнозируется дальнейшее совершенствование управления предприятием на базе рационализации оргструктур бизнес-процессов предприятия.

Подводя итог относительно преимуществ процессного подхода, на основании мониторинга проводимого центром макроэкономического анализа и

краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП) и иными организациями начиная с 2018 г., важно упомянуть следующие моменты:

- предприятия с процессным принципом управления оказались более успешными и конкурентоспособными в условиях сложной геополитической обстановки, сложившейся в РФ с 2022 г.;
- (80-90%) современных, высокотехнологичных предприятий функционируют в форматах процессного управления с переориентацией в бизнес-процессный формат;
- предприятия с процессным управлением обладают большей прозрачности и управляемости производственными процессами с одновременным уменьшением функциональной зависимости от административного звена. При этом в соответствии с данными «ORGPM Consulting Group» произошло снижение производственных затрат на 15-20%;
- процессное управление на высокотехнологичных предприятиях машиностроения сгенерировало появление так называемого «процессного капитала», осуществляющего коммуникативные функции с предприятиями региона на базе IT-ресурсов и возможность применения автоматизированных методов «сквозного» технологического контроля на базе MES-систем;
- процессное управление (Business Process Management) в основе которого лежит цикл Деминга-Шухарта – не догма, а динамичная управленческая практика, которая требует совершенствования, эволюции и адаптации в системе бизнес-среды.

Чтобы связать рассмотренные в разделе такие ключевые моменты как (актуальность, эволюция, недостатки подходов и оргструктур) с главной темой-повышение эффективности оргструктур через процессное управление, необходимо выстроить логический переход, который покажет, что оргструктура не является застывшей данностью, а должна быть динамичным отражением бизнес-процессов, что в машиностроении особенно критично из-за сложности производственных цепочек.

Процессное управление часто противопоставляется традиционному функциональному управлению. Однако на практике большинство предприятий используют гибридные модели. Внедрение процессного подхода в существующие типы оргструктур, (особенно иерархические-функциональные) выявляет ряд системных недостатков и конфликтов. В таблице 8 на основании анализа и систематизации исследовательского материала по теме представлен перечень основных недостатков процессного управления во взаимосвязи с направлением совершенствования (рационализации) оргструктур.

Таблица 8 – Комплексный анализ конфликтов процессного управления и инструментов рационализации организационных структур

№	Проблемы, конфликты, последствия при процессном управлении	Рационализация оргструктуры
1	Конфликт двойного подчинения, Недостаток: появление двух начальников. Последствие: неопределённость подчинённости	Чёткое определение владельцев процесса. Внешняя рационализация: установление количества бизнес -процессов
2	Высокие издержки на координацию. В процессном управлении необходима постоянная коммуникация между исполнителей на этапах производственного цикла. Недостаток. Необходимость согласований. Создание кросс-команд Последствие. Рост накладных расходов на менеджмент. Обсуждение принадлежности работы	Модернизация модели жизненного цикла предприятия с установление вероятности перехода этапов по циклу с оптимизацией затрат. Мониторинг, автоматизация
3	Сложность оценки (KPI) и эффективности функционирования отдельного исполнителя. Недостаток. Трудность выделения вклада исполнителя при реализации функций (институциональный, технический и технологические уровни). Последствие. Демотивация сотрудников. Элемент «уравниловки»	Рационализация оргструктуры по экономическому критерию и ограничениям на институциональном, техническом и технологическом уровне
4	Риск бюрократизация самих процессов. Недостаток. Оргструктура сопротивляется изменениям. Процессы становятся негибкими. Последствие. Бизнес-процессы предприятия теряют адаптивность	Оптимизация методов выбора оргструктур с установление адаптивных типов: программно-целевая, проектная матричная
5	Владельцы процессов. Для эффективного процессного управления необходим сильный владелец бизнес-процессов, имеющий полномочия управлять ресурсами в различных подразделениях в целях создания задела. Недостаток. В жестких, традиционных иерархиях владельцы не имеют достаточного статуса. Последствие. Владелец процесса становится координатором	Дифференциация сквозного бизнес-процесса в адаптивной оргструктуре на совокупность технологических бизнес-процессов в целях создания технологического задела

Резюмируя результаты анализа, изложенные в таблице 8, сделан вывод о степени значимости проблемных ситуаций в зависимости от типа оргструктуры, влияющих на эффективность их функционирования. (Таблица 9)

Таблица 9 – Влияние типа организационной структуры на реализацию процессного управления

№	Тип оргструктуры	Основной недостаток процессного управления
1	Линейно-функциональная. Иерархия. Специализация по функциям. Плюсы: чёткая иерархия, компетентность в функциях, экономия ресурсов. Минусы: медленная реакция на изменения, разобщённость подразделений. Применяемость: малые и средние предприятия	Жёсткость иерархии блокирует горизонтальные связи. Бизнес-процессы не устойчивы (рвутся) на стыках подразделений.
2	Дивизионная. Деление на автономные подразделения по видам продукции. Плюсы: гибкость, ориентация на результат. Адаптация к рынку. Минусы: дублирование функций, рост затрат, конкуренция между дивизионами. Применяемость: крупные предприятия	Дублирование бизнес-процессов в разных дивизионах. Сложность стандартизации единых сквозных бизнес-процессов по всему предприятию
3	Матричные. Двойное подчинение: по функциям и по проекту. Плюсы: гибкое использование ресурсов, кросс-функциональное взаимодействие, инновации. Минусы: конфликты приоритетов, сложность координации. Применяемость: Холдинги, Высокотехнологичные предприятия	Хаос и разобщённость в подчинении по этапам процесса. Необходимость наличия высокой степени организационной культуры, достигаемой многоуровневой рационализации

Выводы по результатам анализа степени значимости проблемных ситуаций в зависимости от типа оргструктуры, влияющих на эффективность их функционирования в формате процессного управления с предлагаемыми подходами к совершенствованию оргструктур.

1. Функциональная разобщённость.

1.1. Наличие периода изменений, заключающегося в переходе от традиционного жёсткого конвейерного производства к гибким цифровым производственным структурам. Старые оргструктуры не успевают адаптироваться к новым требованиям.

1.2. Функциональная разобщённость, известная как «функциональные колодцы». Производственные отделы работают изолированно со своими ключевыми

показателями, которые зачастую противоречат друг другу. (Рационализация оргструктуры бизнес-процессов предприятия на институциональном уровне).

2. Низкая степень адаптивности.

2.1. Долгосрочное планирование основных показателей. Устаревание плановых технико-экономических показателей на технических и технологических уровнях оргструктуры. (Рационализация оргструктур бизнес-процессов предприятия на техническом и технологическом уровнях).

2.2. Сопротивление к организационным изменениям подразделений не учитывает динамику рыночного спроса. Сбой цепочки поставок. (Рационализация оргструктуры вспомогательных и технологических бизнес-процессов).

3. Временной разрыв между физическим и цифровым контурами в производстве.

3.1. Формальное внедрение MES, ERP, PLM систем. Организационная структура зачастую не соответствует цифровому формату. (Методика повышения производительности производства на базе интеграции MES-системы в механизм повышения эффективности рационализации организационных структур бизнес-процессов).

3.2. Формальное использование цифровых двойников. Дублирование данных приводит к увеличению времени для принятия решений в реальном времени. Зачастую цифровизация рассматривается не как партнёр, а как сервис (Модернизированная модель жизненного цикла предприятия).

На основании исследовательского материала, приведённого в таблицах 8,9 разработаны и приведены основные направления повышения эффективности оргструктур бизнес-процессов предприятий на базе многоуровневого подхода, при котором эффект достигается не за счёт изолированной рационализации отдельных подразделений и производственных систем, а посредством подхода, синхронизирующего воздействия на все три уровня организации производства, реализуя эффект синергии.

1. Институциональный уровень. На этом уровне организация взаимодействует с внешней средой, формулирует долгосрочные цели и определяет

стратегию развития. Главной целью данного уровня является устранение дублирования функций, нормативных противоречий и чёткое закрепление полномочий.

2. Технический уровень. На данном уровне оценивается соответствие операционных систем технического контроля производственным параметрам, принимаются решения о развитии и реструктуризации систем контроля, повышении мотивации персонала и качества изделия. Главной целью данного уровня является снижение затрат на технический контроль путём изменения структуры технологического процесса на основе рационализации размещения точек операционного контроля.

3. Технологический уровень. На данном уровне контрольной операции решаются задачи автоматизации, интеграции систем и внедрения цифровых инструментов для поддержки основных бизнес-процессов.

Главной целью данного уровня является изменения структуры контрольной операции в системы технического контроля на основе рационализации допусков на параметры изделий.

Конечной целью рационализации допусков на параметры изделий является расширение полей допусков с сохранением качества изделия.

Предполагается, что реализация данного подхода позволит снизить транзакционные издержки внутри предприятия, сократить время прохождения заказа (производственного такта), уменьшить импортозависимость и повысить коэффициент использования мощностей за счет устранения организационно-технологических потерь, что характеризует и определяет эффективность организационной структуры бизнес-процессов предприятий.

В исследовании под эффективностью организационной структуры бизнес-процессов предприятий машиностроения понимается степень соответствия архитектуры управления и распределения ответственности стратегическим целям предприятия, характеризующаяся способностью обеспечивать минимальные транзакционные издержки, высокую скорость прохождения заказов (от

проектирования до выпуска) и гибкость производственной системы при заданном уровне качества продукции.

Ключевыми критериями эффективности в машиностроении являются:

1. Скорость межфункционального взаимодействия.
2. Минимизация потерь на стыках подразделений: отсутствие дублирования функций и «серых зон» ответственности.
3. Адаптивность. Способность оргструктуры с минимальными затратами времени перестраиваться под новые типы продукции или изменения спроса.

Под показателями эффективности в работе понимается количественная метрика, которая оценивает, насколько хорошо созданная на предприятии система управления (иерархия, подразделения, баланс взаимодействия между ними) способствует достижению стратегических и операционных целей бизнеса.

Интегральный показатель эффективности оргструктуры (I) – это обобщающая метрика, которая позволяет оценить, насколько существующая схема управления, распределения полномочий и взаимодействия подразделений соответствует стратегическим целям предприятия, его ресурсам и внешней среде. Поскольку организационная структура влияет на множество аспектов (экономику, психологию, скорость процессов), единой формулы не существует. Интегральный показатель эффективности всегда является композитным показателем.

В формате настоящего исследования разработана и применена следующая метрика.

$$\text{Формула: } I = (1 + R) * (1 + r) / 4, \quad (1)$$

где:

- R- коэффициент результативности (выполнение целей, KPI);
- r- коэффициент рациональности (оптимальность процессов, затраты)

1. Добавление единицы к каждому коэффициенту обеспечивает положительность значений и смещение диапазона, (нормализация показателей).
2. Умножение показывает, что оба коэффициента взаимосвязаны - низкое значение одного из них снижает общий показатель, (мультипликативный эффект).

3. Деление на 4 приводит показатель к стандартному диапазону (обычно от 0 до 1), если значения коэффициентов находятся в диапазоне $[0;1]$.

Интерпретация результатов:

- $I \rightarrow 1$ (максимум): высокая эффективность по обоим параметрам;
- $I \rightarrow 0,25$ (минимум, при равенстве нулю обоих коэффициентов): низкая эффективность;
- $I > 0,75$: хорошая эффективность;
- $I \leq 0,5$: требуется оптимизация оргструктуры.

Следуя логике изложения в исследовании и поставленных задач в разделе, далее приводятся разработки и предложения по повышению эффективности хозяйственной деятельности промышленных предприятий на основе совершенствования процессного управления с акцентом на машиностроение.

Машиностроение, как подотрасль является фундаментальной основой промышленного потенциала государства, определяя уровень технологического суверенитета и конкурентоспособности национальной экономики. В условиях глобальной турбулентности, санкционного давления и необходимости ускоренного импортозамещения, вопросы повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятий машиностроения выходят на первый план. При этом традиционные экстенсивные методы роста, основанные на увеличении загрузки мощностей и численности персонала, исчерпали свой потенциал. На смену им приходят интенсивные методы, ключевым из которых является совершенствование системы управления предприятием на основе рационализации процессного подхода.

В настоящем исследовании концептуально обозначены следующие подходы:

1. Рационализация бизнес-процессного управления;
2. Совершенствование цикла процессного управления;
3. Рационализация процессного управления.

В работе Суворовой С.Д. и ряда других исследователей приводится определение бизнес-процесса, сущностью которого является преобразование

входо-выходных характеристик процесса, в результате которого создаётся определённая ценность [95].

Развивая указанные позиции, исследователи бизнес-процессов диверсифицировали их в процессном, функциональном и ряде иных форматах с представлением их характеристик в табличной форме с указанием сущности, достоинств и недостатков. [4,34,44,45,103,105,106]

В таблице 10 на основании анализа и систематизации предоставленных выше исследовательских материалов разработано авторское видение совокупности различных подходов к определению и выбору подхода к рационализации бизнес-процессов предприятия.

Таблица 10 – Сравнительный анализ различных подходов к определению рационализации бизнес-процессов

Авторы	Подходы к рационализации бизнес-процессов	Краткая характеристика подхода	Достоинства и недостатки подхода
Валеева Ю.С. Воронова О.В.	Процессный подход	Бизнес-процесс – как последовательная совокупность действий, имеющая точки начала и конца	Положительные стороны: быстрота реализации т.к. анализируются совместно все бизнес-процессы, что позволяет быстрее получить конечный результат Недостатки: переход с функциональной на процессную схему управления трудоёмок и алгоритмически не отработан
Терехов А.Н. Платонова М.В.	Функциональный подход	Бизнес-процесс рассматривается как функция от желаемого Результата. При этом имеется точка входа и точка выхода, без временной последовательности	Положительные стороны: метод оптимизации эффективен с экономических позиций для выявления резервов затрат т.к. рассматривается вертикальная иерархия Недостатки: невозможность быстрой реакции на изменения из-за вертикальной иерархии, т.к. отсутствует связь с потребителем
Хлебников Д. Ильин О.В. Смирнов А.Б. Громов А.Н.	Матричный подход	Бизнес-процесс представлен в виде матрицы, где каждый элемент представляет либо функцию, либо отдельный бизнес-процесс	Достоинства: универсальность подхода, заключающаяся в возможности моделировать деятельность практически любой организации Недостаток: нет единой отработанной методики бизнес-моделирования на основе матриц с применением целочисленного линейного программирования

В научной работе Куклева С.Е. «Повышение эффективности деятельности организаций в рамках процессного управления» и ряда работ других исследователей, приводится алгоритм совершенствования цикла процессного управления. В формате настоящего исследования разработан авторский подход к совершенствованию цикла процессного управления. (Таблица 11)

Таблица 11 – Ключевые аспекты подходов к совершенствованию цикла процессного управления

№	Подходы к совершенствованию процессного управления	Краткое описание сущности подхода
1	Упрощение архитектуры процессов	Сокращение излишне детализированных карт процессов. Рационализация предполагает выделение процессов верхнего уровня (создание ценностей). Детальная проработка только ключевых рискогенных процессов
2	Баланс между стандартизацией и гибкостью	Минимизация излишнего регламентирования с целью повышения инициативы работников. Установление жёстких стандартов для повторяющихся операций
3	Автоматизация рутинных процедур	Внедрение информационных систем (ERP, CRM, BPMS), позволяющих передать выполнение регламентированных шагов программным алгоритмам
4	Многоуровневая рационализация оргструктур бизнес- процессов	Трансформация процессного управления в бизнес-процессное на уровнях: институциональный, технический и технологический

В настоящем исследовании представлена авторская классификация подходов к рационализации процессного управления, выполненная в виде этапного процесса рационализации процессного управления. В таблице 12 приведены основные этапы подходов рационализации.

Таблица 12 – Подходы к рационализации процессного подхода

№	Подходы к рационализации процессного управления (Этапы)	Краткое описание сущности подхода
1	Этап-1 Установление целей и стратегии бизнес-процессов предприятия	Развитие предприятия должно происходить согласно с миссией, целями и совокупностью задач. Организация преобразований в соответствии с целями и стратегией должна осуществляться в соответствии с целеуказанием высшего звена аппарата управления

2	Этап-2 Установление алгоритма проектирования бизнес-процесса	Затратность проектирования бизнес-процесса должна быть обоснована. Проектирование должно осуществляться на основе построения уже существующих моделей процессного управления с процедурой компарации результатов
3	Этап-3 Контроль и анализ бизнес-процесса на стадиях проектирования	Стадийность контроля проектирования бизнес-процесса должна быть установлена исходя из динамики изменений его ключевых показателей с элементом верификации с проектируемыми значениями
4	Этап-4 Совершенствование бизнес-процесса	Разработка необходимы организационных и технико-экономических мероприятий по практическому использованию полученной в результате проектирования модели бизнес-процесс

В настоящем диссертационном исследовании применена новация совершенствования процессного подхода в формате оптимизации организационной структуры предприятия на базе классификационного подхода в совокупности с методом автоматической классификации.

Сущность обозначенной новации при осуществлении оптимизации организационной структуры и алгоритм её вычисления заключается в следующем:

- вся функциональная совокупность оргструктуры предприятия разбивается на пары по принципу функциональной дихотомии на основании таких определений в теории множеств как сосед, функциональный набор и подразделение;
- далее производится классификация пар функций на предмет степени их совпадения (близости);
- затем осуществляется вычисление значения коэффициента близости каждой пары функций и сравнения его с установленным руководителем процесса;
- финишный этап завершается сравнением: если значение коэффициента близости определённой пары функций превосходит критическую меру, остаётся одна объединённая функция, которая остаётся в функциональном наборе;
- далее процесс повторяется, формируя цикл, осуществляемый программой в MES-системе.

Детализация и математические оптимизационные модели представлены далее в главе 2 настоящего диссертационного исследования. Приведенная

оптимизационная процедура в настоящем исследовании носит название внутренней или функциональной оптимизацией из-за наличия дальнейшей оптимизации по всему контуру производства на принципах процессного управления, формируя таким образом дуплексную структуру оптимизации бизнес-процессов предприятий и в итоге-рационализацию процессного управления.

Однако процедура функциональной оптимизации, формирующей сквозной бизнес-процесс не привела к полному решению задач, поставленных ранее перед функциональным подходом. Так, в результате анализа производственной деятельности в ряде машиностроительных предприятий Нижегородского региона установлены следующие недостатки после проведения оптимизационных процедур: рост расходов, связанных с увеличением координационных затрат, наличие локальной оптимизации, не охватывающей всю функциональную совокупность, а также отход на задний план оптимизацию технических и технологического сегментов предприятия.

На машиностроительных предприятиях АО «НГА» и АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» с целью создания технологического задела применяется как сквозной бизнес-процесс, так и систему технологических бизнес-процессов, являющихся определенными частями сквозного бизнес-процесса. При этом технологические бизнес-процессы выполняют следующую номенклатуру задач:

1. Формирование технологического задела должно производиться после тщательного анализа количества нестандартных деталей (брака), получаемых в результате реализации сквозного бизнес-процесса и обоснования необходимости создания в производственном процессе технологических бизнес-процессов.
2. Количество и номенклатура технологических бизнес-процессов должно быть получено на основании оптимизации организационной структуры бизнес-процессов технического и технологического сегментов предприятия.
3. Оптимизационная процедура определения количества технологических бизнес-процессов должна базироваться на линейной регрессионной модели, хорошо отработанной с инженерных позиций.

4. В методическом аспекте алгоритм оптимизации должен основываться на статистическом методе планирования эксперимента.

5. Критериальной базой должны являться стандартные статистические критерии: Кочрена, Стьюдента и Фишера.

В настоящем исследовании под сквозным бизнес-процессом понимается процесс, полностью определяющий деятельность структурных подразделений, имеющих различную функциональную и административную подчинённость и подразумевающих передачу продукта из одного подразделения другому. С учётом этого в исследовании рассматриваются два типа бизнес-процессов. (Рисунок 10)

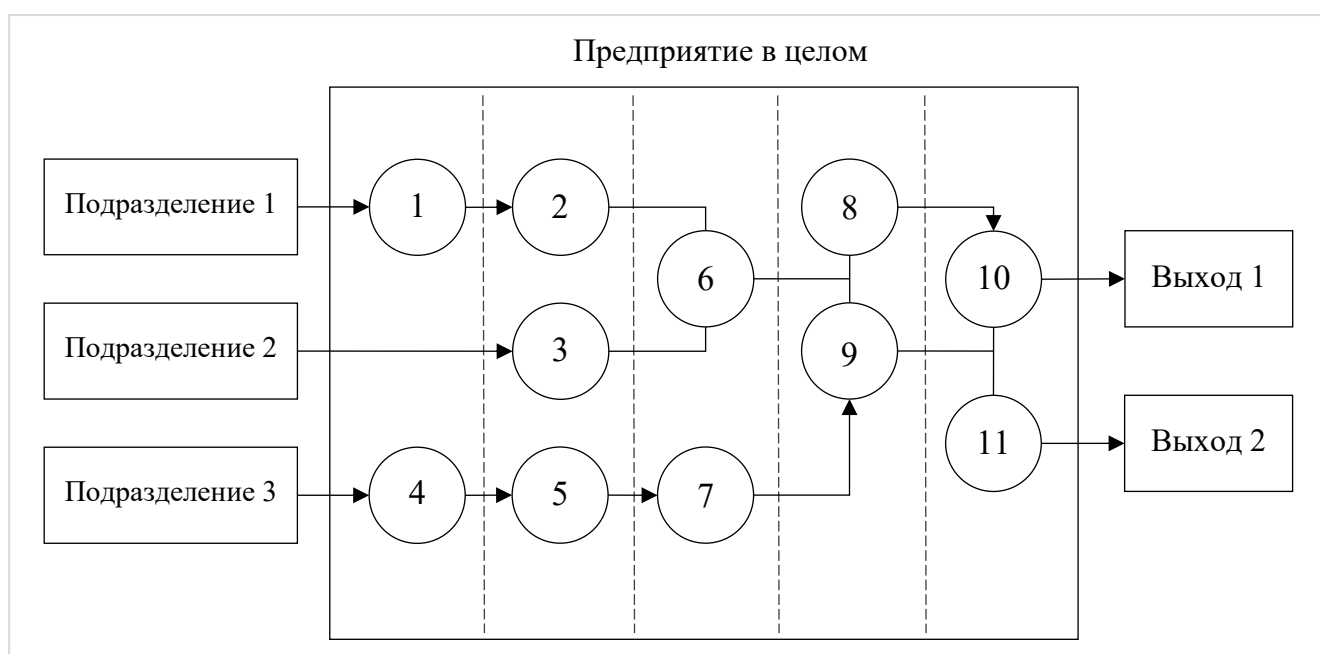


Рисунок 10 – Структура бизнес-процессов

На рисунке 10 изображены следующие представления:

-технологические бизнес-процессы, включающие различные варианты конструкторских, технологических, контрольных и т.д. бизнес-процессов (номера 3-11, 4-10);

– сквозной бизнес-процесс, включающий всю совокупность бизнес-процессов (основные, вспомогательные и поддерживающие). На рисунке 10 (номера 1-11) - количество «сквозных» процессов как правило определяется эмпирически.

На основе «сквозного» понимания процесса проводится либо реорганизация отдельно взятых процессов, либо делается попытка создать процессную модель

(всего) предприятия, и далее для внедрения такой модели требуется реорганизация управления предприятием, что в итоге формирует рационализацию процессного управления.

Исходя из важности и экономической целесообразности в настоящем исследовании представлен метод оптимизации количества и номенклатуры технологических бизнес-процессов на базе линейной регрессионной модели вида

$$RC = B_0 + B_1F_1 + B_2F_2 + \dots + B_iF_i + \dots + B_nF_n \quad (2)$$

где:

RC – выходной параметр анализируемого процесса;

$F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n$ – факторы в регрессионной модели: различные варианты бизнес-процессов;

$B_0, B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_n$ – факторные коэффициенты в регрессионной модели.

Математический аппарат регрессионного моделирования базируется на методах математической статистики и теории статистических гипотез [61].

По результатам проведённого в разделе исследования можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Обоснована актуальность совершенствования процессного управления на предприятиях машиностроения, выявлены и систематизированы ключевые недостатки существующих оргструктур управления, препятствующих повышению эффективности бизнес-процессов.
2. Выявлена взаимосвязь между типами оргструктур и специфическими недостатками процессного управления. Доказано, что несоответствие оргструктуры требованиям процессного подхода является одним из основных источников неэффективности.
3. Предложены подходы к трёхуровневой рационализации организационных структур, направленные на снижение управленческих конфликтов, устранения «узких мест» в оргструктурах бизнес-процессов и, таким образом, повышения их эффективности.

Выводы по главе 1

1. Исследовательский материал главы обосновывает объективную необходимость многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятия как фундаментального условия для раскрытия внутренних резервов предприятия. Ключевыми аспектами влияния оргструктуры на рационализацию производства являются вертикальные и горизонтальные связи в различных типах оргструктур.
2. Ключевым результатом главы является разработка модернизированной модели жизненного цикла предприятия на базе теории И. Адизеса. В отличие от традиционного подхода, опирающегося на качественные описательные характеристики стадий развития, в предложенной модели точки перехода между стадиями формализованы через метрику - вероятность перехода, что решает задачи экономического прогнозирования и интеграцию с цифровыми системами MES.
3. Разработан авторский аналитический аппарат, включающий:
 - таблицу (матрицу) взаимосвязи проблем процессного управления с необходимостью рационализации оргструктур;
 - оценку степени конфликтности различных типов оргструктур в контексте выявленных недостатков управления.
4. Разработана новая методика интегральной оценки эффективности оргструктур, позволяющая количественно обосновать выбор оптимального типа оргструктуры с учётом процессных характеристик деятельности предприятия.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

2.1. Сравнительный анализ методов построения моделей организационной трансформации в условиях структурных изменений экономики

Российская Федерация в период 2022-2025 гг. подвергается беспрецедентному негативному воздействию стран коллективного Запада и США, выразившемуся в 19 пакетах экономических санкций. При этом, следует отметить тот факт, что временной лаг обозначенных негативных воздействий на экономику РФ может быть существенно пролонгирован. Следует утверждать, что возделенные надежды недружественных стран на «разорванную в клочья» российскую экономику не оправдались. Экономика РФ не только устояла, но и набрала положительное ускорение, так в 2023 г. объём промышленного производства вырос на 6,2%. Однако всё обстоит не так безоблачно. В результате экономической интервенции недружественных стран, имеющей место после известных событий февраля 2022 г., произошёл массовый отказ многих западных компаний от сотрудничества с Россией и стал очевидным тот факт, что развитие экономики нашей страны в прежнем формате связано с большими трудностями экономического и технологического характера. В связи с изменением внешней среды, необходимо оперативное изменение внутренней, то есть введение инновационной HR-стратегии для достижения бизнес-целей на ближайший среднесрочный период, включающей изменения в инновациях, инвестициях, технологиях, организации производства, культуре, социальных отношениях и управлении персоналом. По существу, речь идёт о структурной трансформации экономики, как о совокупности существенных преобразований во всех её элементах, экономических взаимосвязях и устоявшихся цепочка.

На рисунке 11 показаны фазы динамики промышленного производства с 2021 по 2024 гг.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод: макроэкономические показатели промышленного производства с апреля 2023 г. по 2024 г. демонстрируют активный рост, что подтверждается индексами СППГ в формате сравнения показателей двух временных периодов.

Динамику объёма выпуска промышленной продукции за рассматриваемый период следует диверсифицировать на следующие подпериоды (фазы):

- фаза активного спада (период шоковой коррекции);
- фаза адаптации (период восстановительной адаптации);
- фаза стагнации (фаза почти стагнации);
- фаза подъёма (фаза нового подъёма).

На (рисунке 11) показаны фазы динамики промышленного производства в сравнении со среднемесячным уровнем 2022 года, который принят за 100%.

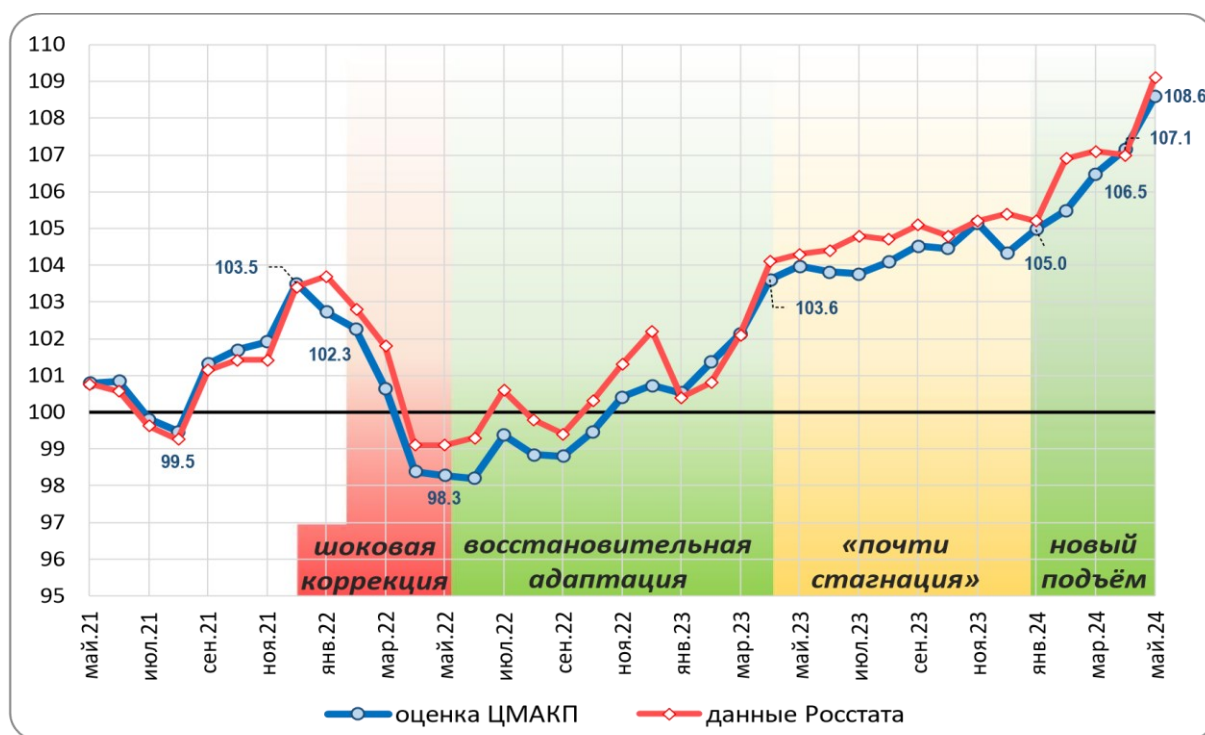


Рисунок 11 – Фазы динамики промышленного производства

Как упоминалось ранее, падение объёмов промышленного производства в общем масштабе и, особенно, в секторе машиностроения и автопроме с начала специальной военной операции было кратковременным и ограниченным по масштабу, хотя и затронувшим большинство отраслей. Минимум объёма

промышленного производства зафиксирован во втором периоде 2022 г. и оценивается в 99,1% от усреднённого значения данного показателя 2021 г. Особенно пострадала отрасль машиностроения в силу сложной конфигурации и разновекторности факторов. В силу ограниченности объёма исследования остановимся на рассмотрении двух факторов, на взгляд наиболее значимых и влияющих на функционирование предприятий машиностроения. В первую очередь, следует обратить внимание на фактор зависимости ведущих машиностроительных предприятий от импорта, т.е. рынков материалов и комплектующих, поступающих из недружественных стран, а также трансфера высоких технологий. Далее следует так называемый фактор «рыночная сила», т.е. совокупность логистических, информационных, финансовых и технических взаимосвязей и потоков, а также переориентации поставок на предприятиях, производящими продукцию двойного назначения и предприятиями поставщиками материалов, комплектующих и оснастки.

Можно сказать, что период шоковой коррекции предприятиями промышленного производства был преодолен достаточно быстро путём оптимизации производства на третьей фазе его развития, повышения инвестиционной активности, запуска новых бизнес-циклов и предприятий. Анализ фазы адаптации показывает, что предприятия успешно приспособились к санкциям. Они восстановили рост объёмов производства и к концу периода достигли уровня, который был до кризиса, что показано на рисунке 11. Следует отметить, что большая роль в обеспечении достаточных темпов роста принадлежит предприятиям оборонного-промышленного комплекса (ОПК), в котором наблюдается формирование и запуск предприятий экспортно-ориентированного характера. Однако признавать доминирующую роль только предприятиям ОПК не следует, весь промышленный комплекс работал на грани возможного. В отношении импортозамещения на этой фазе динамики промышленного производства сделан лишь первый шаг.

Фаза «почти стагнация» характеризуется незначительным ростом объёма промышленного производства и негативными воздействиями на нефтегазовый

сегмент, на который пришёлся основной удар ограничений от недружественных стран.

Рассмотрение трёх фаз динамики роста промышленного производства позволяет сделать следующие выводы и сформировать комплекс требований перед промышленным производством как важнейшем секторе экономики перед началом завершающей стадии «новый подъём»:

- наиболее пострадавшими от безальтернативных поставок комплектующих из недружественных стран с начала 2022 г. является отрасль машиностроения и автомобилестроения;
- на рынке труда явно ощущается дефицит рабочей силы и низкий уровень безработицы;
- на предприятиях машиностроения наблюдается предельно высокая загрузка производственных мощностей в сочетании с высоким уровнем трудоёмкости изготовления изделий;
- в машиностроении импортозависимость стабильно достигает 75% по состоянию 2022-2024 гг.
- положительным моментом в секторе экономики промышленное производство является запуск новых высокотехнологичных бизнес-проектов и увеличение прямых инвестиций в основные фонды машиностроения.

Ожидается, что в 2025 г. отрасль машиностроения перейдёт от фазы адаптации к новым экономическим условиям - к фазе устойчивого роста. При этом прогнозируемый индекс промышленного производства в отрасли машиностроения должен составить 103-105% в годовом выражении. Данный рост будет обеспечен не столько увеличением спроса, сколько замещением комплектующих и технологического оборудования отечественными аналогами.

Инвестиционная активность в 2025-2026 гг. будет характеризоваться смещением фокуса с расширения производственных площадей на технологическое перевооружение и рационализацию производственных процессов. Ожидается рост доли инвестиций в основные средства, направляемых на рационализацию производства, цифровизацию и автоматизацию до 25-30% от общего объёма

капиталовложений. Это связано с необходимостью повышения точности обработки и снижения зависимости от человеческого фактора.

В настоящем исследовании представленная совокупность требований к промышленному производству рассмотрена в формате инновационного базиса как совокупности подходов к многоуровневому повышению эффективности организационных структур предприятий машиностроения, включающих:

1. Методические положения рационализации оргструктуры бизнес- процессов предприятия на институциональном уровне.
2. Методику оптимизации размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу.
3. Методику трансформации системы допускового контроля.
4. Инновационный подход к многоуровневой рационализации производства на базе классификационного подхода в совокупности с методом автоматической классификации.

Приведённый инновационный базис характеризует масштаб научных подходов в исследовании, но приведённые их характеристики не полностью бы отражали законченность исследования без надстройки к обозначенному базису. Данная математическая надстройка представлена в виде совокупности матричных, регрессионных и иных моделей, представленных далее и реализуемых целочисленным линейным программированием [8].

В связи с вышеизложенным представленная в исследовании многоуровневая рационализация бизнес-процессов организационных структур предприятий машиностроения создаёт экономическую выгоду в следующих направлениях:

– внутренняя рационализация позволит устранить параллелизм и дублирование функций внутри бизнес-процесса, исключить лишние информационные петли и другие негативные эффекты, связанные с нерациональностью системы подчинённости и ответственности отдельных исполнителей в бизнес-процессе [61, 62,63,64]. Таким образом представленная рационализация осуществляет необходимое в таких случаях ресурсосбережение «первого рода». Целевая функция рационализации представлена в виде:

$$[K(g_i, g_{i+1}) - K(g_k, g_{k+1})] \leq \xi_p, \quad (3)$$

где:

(g_i, g_{i+1}) – функции, выполняемые в подразделениях организационной структуры предприятия;

$K(g_i, g_{i+1})$ – коэффициент (мера) близости пар функций.

– внешняя, или так называемая горизонтальная рационализация, осуществляющая повышение степени согласованности «входо-выходных» характеристик основного сквозного бизнес- процесса на основе формирования технологических бизнес- процессов и создания ими эффекта синергии с осуществлением ресурсосбережения «второго рода».

– оптимизация размещения контрольно-испытательных постов по установленному в технологической документации технологическому процессу. Процедура рационализации осуществляется по функции цели вида:

$$C_{\Sigma i} = T_1^n + \sum \Pi_i V + K_{\Sigma i} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где:

- T_1^n – суммарные затраты на исполнение технологических операций по i -му варианту;

– $K_{\Sigma i}$ – затраты на исполнение контрольных операций по i -му варианту;

- $\sum \Pi_i V$ – сумма затрат на обработку брака по i -му варианту размещения КИП по технологическому процессу;

- V – вероятность брака (ограничения по браку);

– методика трансформации системы допускового контроля, где в формате целевой функции линейного программирования оптимизируются допуски на параметры деталей изделия по экономическому критерию с ограничениями по себестоимости и надёжности [65,66].

К теме совершенствования и повышения эффективности функционирования промышленных предприятий на современном этапе развития экономики РФ в той или иной степени обращались многие исследователи. В работах Лейбкинда А. Р. и Рудника Б.Л. [67,68] изложены основные принципы классификационного подхода, как определения рациональных сфер деятельности в подсистемах

сложных структур и закрепление их за функциональными подразделениями в соответствии с количественными критериями соответствия, установленными экспериментально, что соответственно снижает как точность эксперимента, так и расширяет временной лаг его реализации. В диссертационном исследовании Козловой О.С. приведена разработка модели системы управления бизнес-процессами, определяющая логику построения деятельности предприятия [54]. Однако в модели кроме целевой функции необходимо наличия ограничений. В диссертационной работе Злобиной О.В. предложен механизм, обеспечивающий интеграцию инструментов цифровой трансформации в систему управления организациями для её совершенствования, однако на наш взгляд без уточнения его количественных характеристик [49].

Далее, в аспекте излагаемой тематики, представлена докторская работа Рудаковой О.С., в которой разработана методология реинжиниринга бизнес-процессов промышленных предприятий, базирующаяся на современных информационных технологиях, основанных на инструментарии матричного моделирования методов математической статистики и функциональном аудите [87]. При всей сложности, комплексности и значимости работы по нашему мнению реинжиниринг является последней стадией совершенствования предприятия, в то время как критериальная оптимизация промышленного производства – циклично повторяющийся процесс.

В математическом аспекте представлено исследование Дубенко Ю.В. на тему оптимизация организационной структуры централизованных многоагентных систем в автоматическом режиме. Математической основой работы является динамическое программирование [42]. Далее приведено исследование по теме комплексный алгоритм автоматической классификации и его использования в задачах анализа и принятия решений в научной статье Дорофеюка А.А. [38,39]. В работе исследуются крупномасштабные системы управления, функционирующие в условиях неопределённости. При оптимизации такого рода систем используется алгоритм классификационного анализа данных. При этом алгоритм включает локальную оптимизацию по заданному критерию, выбор информативных

параметров с установлением начальной точки разбиения и числа классов. В диссертационной работе Козловой Е.П. представлена разработка механизма устойчивого развития промышленного предприятия, как совокупности элементов системы, способствующая обеспечить равновесное её состояние [55].

Совершенно на ином уровне представлено диссертационное исследование Мишина С.П., где объектом оптимизации являются иерархические системы, к которым автор причислил иерархические организации в экономике, с использованием присущей им терминологии: элемент-сотрудники организации, исполняющие определённые виды деятельности (функции) в определённых подразделениях организаций, т.е. по существу рассматриваются организационные структуры широкого класса предприятия (организаций) и экономические критерии эффективности их функционирования – прибыль, затраты, выручка. Для определения оптимального делегирования функций по подразделениям и уровням иерархии автор использовал понятия композиции и декомпозиции, математический аппарат линейной алгебры, метод критических точек Лагранжа, методы и модели теории графов и комбинаторики [70,71,72]. Представленные разновекторные диссертационные работы и научные исследования, охватывающие подходы, методы, модели совершенствования функционирования предприятий и организаций от математических обоснований и реинжиниринга до способов повышения эффективности предприятий на основе различного рода инструментов и механизмов, дали существенный информационный позитивный импульс для раскрытия темы настоящего исследования. Однако, хотелось бы отметить, что диссертационное исследование автора, реализованное на базе оптимизационных экономико-математических моделей и системы ограничений, позволяет найти оптимальное решение по повышению экономической эффективности объекта исследования.

Совершенно естественно, что представленный анализ не претендует на полноту и всеобъемлемость, а лишь устанавливает общий абрис по теме исследования для его выделения и обоснования по факту установления научной новизны и полезности многоуровневой оптимизации организационных структур

бизнес-процессов предприятий машиностроения на основе классификационного подхода в интеграционном взаимодействии с методом автоматической классификации [9,21,26,27,65,66]. Следует отметить также, что к методу автоматической классификации обращались немногие исследователи и сам метод либо обозначен лишь вербально и информационно без развития его сущности и ценности в аспекте оптимизации организационных структур или реализация этого метода предусматривалась в иерархических сложных или многоагентных системах с высокой степенью насыщенностью сложным математическим аппаратом. По результатам представленного анализа можно предположить, что предложенный в настоящем диссертационном исследовании инновационный базис обладает элементом научной новизны и полезности.

Обозначенный метод, был апробирован и использован при рационализации организационных структур предприятий города Нижнего Новгорода, предприятия: АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», АО «Нижегородский завод дизельных двигателей», ООО «НижПромРазвитие».

Выводы по результатам апробации позволили подтвердить действенность и удобство применения классификационного подхода в интеграционном взаимодействии с методом автоматической классификации.

Завершая исследование инновационного базиса, в настоящем диссертационном исследовании на основе анализа и систематизации материала по теме исследования разработано и представлено авторское видение алгоритма этапов построения математической модели определения рациональных сфер деятельности (оптимизации) на основе классификационного подхода и метода автоматической классификации в совокупности формирующих методологию настоящего исследования, которая показана в таблице 13.

Таблица 13 – Алгоритм этапов построения математической модели задачи определения рациональных сфер деятельности подсистем организации

1.	Основные подходы к построению моделей организационных структур	Методы математического моделирования
2.	Критерии допустимости алгоритмов Автоматической классификации	Совокупность критериев: – критерии точности; – критерии полноты; – критерии устойчивости; – критерий естественности классификации; – разделение образцов.
3.	Классификационная алгоритмов	Алгоритмы, основанные на правилах. Алгоритмы, основанные на Машинном обучении
4.	Порядок поиска алгоритмов автоматической классификации	Механистический, органический и традиционные подходы
5.	Алгоритм определения максимального разбиения на группы	Алгоритм максимин-автоматического установления кластеров
6.	Перечень критерий характеризующих близость Сформированных групп	Критерий Тонимото-Роджера
7.	Методология исследования	Совокупность подходов, методов и методик оптимизации

Следует заметить, что алгоритмы автоматической классификации и критерии их допустимости являются с одной стороны важнейшим компонентом оптимизации организационной структуры бизнес-процессов машиностроительного предприятия, но с другой стороны они могут быть использованы для реализации множества других задач экономического и управленческого направления. Но несмотря на их универсальность, исследователи крайне редко, как показывает проведённый выше анализ публикаций по диссертационным работам, обращаются для рационализации самого широкого класса организационных структур и, что особенно важно, для рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения. Представленная автором методология исследования с использованием классификационного подхода в совокупности с методом автоматической классификации для многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения на основании вышеизложенного,

обладает научной новизной и полезностью. На рисунке 12 показана структура многоуровневой рационализации.



Рисунок 12 – Графоаналитическая модель структуры многоуровневой рационализации

По результатам проведенного в разделе исследования можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Обоснование актуальности на эмпирических данных.

Краткий анализ динамики отрасли машиностроения за период 2023-2026 гг. Подтвердил высокую степень нестабильности внешней среды и необходимость адаптации организационных структур бизнес-процессов предприятий к структурным сдвигам в экономике. Выявленные тенденции служат практическим обоснованием для разработки новых подходов к повышению эффективности хозяйственной деятельности предприятия на основе комплексной рационализации.

2. Выявление ограничений существующих подходов.

Анализ современных работ по совершенствованию оргструктур и бизнес-процессов показал, что традиционные методы совершенствования оргструктур на производственных уровнях носит фрагментарный характер и недостаточно учитывают взаимосвязь между институциональным уровнем управления и операционной эффективностью. Это обуславливает потребность в интеграции качественных и количественных методов анализа.

3. Разработка инновационного методологического базиса.

В разделе предложен новый концептуальный подход, основанный на синтезе:

- экономико- математических методов;
- модели трёхуровневой рационализации;
- классификационного подхода, методами автоматической классификации на институциональном уровне.

Данный синтез позволяет формализовать процессы принятия решений при организационной трансформации и повысить объективность выбора оптимальной структуры управления.

4. Формализация задачи рационализации оргструктуры.

Предложен авторский алгоритм построения экономико-математической задачи, направленной на определение рациональных сфер деятельности оргструктуры предприятия. Ключевой особенностью алгоритма является его ориентация на максимизацию эффективности хозяйственной деятельности через чёткое зонирование функций и устранение дублирования процессов на основе классификационных признаков.

5. Теоретическая и практическая значимость.

Разработанный в разделе аппарат создаёт методологическую основу для перехода от интуитивного проектирования оргструктур к научно обоснованному, математически формализованному моделированию организационной трансформации, что особенно критично для капиталоемких отраслей, таких как машиностроение, в условиях экономической неопределённости.

Таким образом раздел 2.1. закладывает теоретико-методологический фундамент для последующего практического применения разработанных моделей и алгоритмов в рамках дальнейшего исследования.

2.2. Разработка методик многоуровневой рационализации организационных структур как инструмента повышения эффективности хозяйственной деятельности

В настоящем исследовании под экономикой производственных процессов понимается такая степень организации, при которой максимизируются показатели их эффективности и стабильности. Оптимизацию следует рассматривать, как процедуру определения наилучших решений бизнес-задач соответственно либо с максимизацией или минимизацией результатов в зависимости от постановки задачи. При этом постановка и решение задачи базируется на экономико-математических моделях с функцией цели и системы ограничений. Применительно к направлению настоящего исследования задачами являются совершенствование организационных структур бизнес-процессов промышленных предприятий.

Практика совершенствования организационных структур предприятий показала, что экономико-математические методы и модели многоуровневой оптимизации с применением метода автоматической классификации осуществлялась на различных предприятиях г. Нижний Новгород, таких как: АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», АО «Нижегородский завод дизельных двигателей», ООО «НижПромРазвитие».

Анализ результатов оптимизации с применением метода автоматической классификации показал ряд его существенных недостатков:

- методологическая обеспеченность при реализации предприятиями метода автоматической классификации в целях совершенствования организационной структуры по заданной критериальной базе присутствовала в концептуальном аспекте;

– классификационные процедуры осуществлялись практически без учёта дестабилизирующих воздействий внешней среды и их динамики. Предприятия должны реагировать на эти воздействия;

– методические разработки по использованию метода были рассчитаны на «усреднённое предприятие» с так называемой универсальной организационной структурой со стандартным набором рациональных сфер деятельности (функций), без учёта ресурсного потенциала и рекомендаций по синтезу организационных подструктур в единую структуру;

– практически все разработки по совершенствованию организационной структуры с использованием метода автоматической классификации были предназначены для предприятий с функциональным подходом к управлению, без учёта на переход к бизнес-процессному управлению и соответствующие методы организационных изменений.

Элементы методологического обеспечения совершенствования метода автоматической классификации изложены далее в формате настоящего исследования. Основываясь на приведённых данных о сущности, особенностях и недостатках метода автоматической классификации, формализация и моделирование рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия основана на положениях, изложенных в разделе 2.1. настоящего исследования и ряда научных работ прошлого периода [15,17,18,19,20,142]. В формализованном, аспекте организационная бизнес-структура предприятия является основным производственным элементом с двумя множествами взаимосвязанных между собой данных: количеством подразделений P и совокупностью выполняемых в них функций $G_{\Sigma i}$, представленных в виде матрицы. На плоскости данной матрицы «располагается» неотрицательная функция вида $K(g_i, g_{i+1})$, которая характеризует парные связи между элементами соответственно множеств P и $G_{\Sigma i}$. Далее совокупность попарных связей диверсифицируется на две задачи (алгоритма), алгоритмы по классу и по элементам (близость и затраты) [3, 36, 38, 65]. В настоящем исследовании приведено развитие представленных подходов в соответствии с поставленными

задачами: определяется мера близости двух векторов, т.е. устанавливается множество задач S определения оптимального сочетания элементов двух множеств. При этом в практическом плане это означает следующее: чем больше мера близости пары, тем меньше вероятность их назначения в определённые классы. Введем обозначения: два элемента (a, b) отражают граничное состояние множеств A, B в случае, если $\max$

$$p(c, d)t = p(a, b), c \in A, d \in B, \quad (5)$$

где: $p(a, b)$ мера близости в числовом выражении или граничное значение близости. Далее, рассмотрим некое множество векторов A , в котором число $p(a, b)$ является границей этого множества и в котором сконцентрирована вся совокупность векторов-признаков вида $\frac{M'}{A}$, где M' – вся представленная совокупность. Тогда можно считать множество A классом, где нельзя провести разграничение с близостью меньшим или равным $p(a, b)$, т.е. получим определение класса [9, 71, 72]. Таким образом, для формализации элементов деятельности в нашем случае (функций) вводится мера близости $p(a, b)$, определяющая силу попарных связей между элементами деятельности (функциями), представленных в виде ноль-единичных векторов: a_i -й n -мёрный ноль-единичный вектор; a_i^q – q -я компонента i -го векторов [10, 20, 23, 105, 114].

В пункте 2.2. в формате настоящего исследования на основе анализа и систематизации приведённых выше исследований разработана авторская классификация номенклатуры показателей, определяющих силу попарных связей между элементами деятельности (то есть близости исполняемых функций) в множестве A , представляющей метод автоматической классификации в совокупности с классификационным подходом:

Для решения задач настоящего исследования ограничимся взвешенным коэффициентом Танимото-Роджерса.

Рассмотренный в теоретическом аспекте этап формализации и моделирования процедуры оптимизации оргструктуры бизнес-процессов предприятия позволяет сформулировать и построить её экономико-

математическую модель в соответствии с поставленной задачей нахождения оптимального варианта рациональных сфер деятельности (функций), в виде множества n -мерный единичных векторов вида: a_i -й n -мёрный ноль-единичный вектор; a_i^q – q -я компонента i -го вектора, где компонента (q -я) определяет место локации i -го ноль-единичного вектора; по существу, поставлена задача декомпозиции множества a_i^q и размещения его элементов в подсистемах организационной структуры (подразделениях предприятия) [62, 63, 72].

На обозначенном множестве задана неотрицательная функция, характеризующая меру близости исследуемых пар функций. В совокупности с выводами пункта 2.1. настоящего исследования представленная задача является экономико-математической моделью оптимизации организационной структуры бизнес-процессов предприятия, построенная на основе классификационного подхода в интеграционном взаимодействии с методом автоматической классификации. Как правило, после построения модели следует процедура её анализа, представленная на рисунке 13 в виде совокупности требований к мере близости.

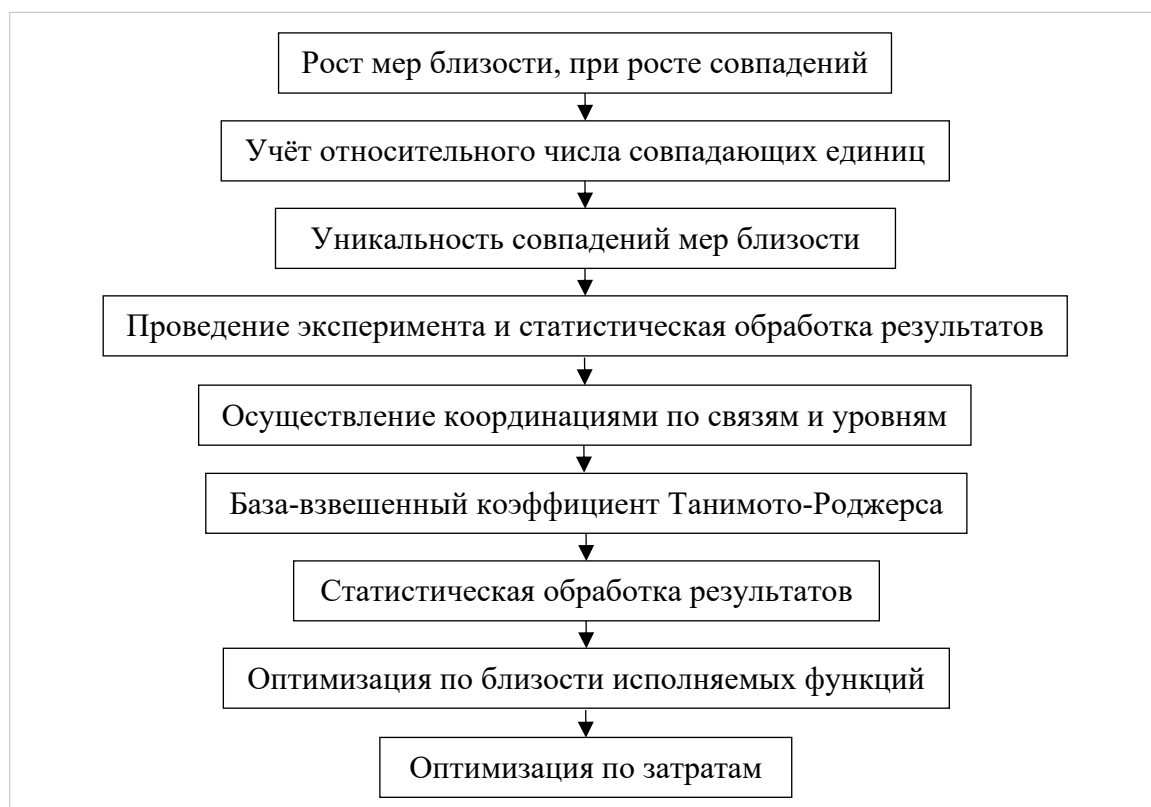


Рисунок 13 – Совокупность требований к критерию близости

После завершения анализа модели в аспекте совокупности требований к мере близости – т.е. критерию, количественно устанавливающему тесноту связи между анализируемыми парами функций следует осуществить анализ (этап) оптимальности размещения рациональных сфер деятельности (функций) по элементам организационной структуры (подразделениям предприятия) [62,63]. С точки зрения экономики промышленного предприятия обозначенный этап следует назвать оптимизацией размещения функций по подразделениям промышленного предприятия по экономическому критерию.

Следует отметить, что в большинстве случаев при многоуровневой оптимизации организационной структуры высокотехнологичных предприятий обозначенные критерии устанавливаются на основе априорной информации о желаемых свойствах оптимизируемой организационной структуры [1,13,47,92, 93]. На рисунке 14 приведён алгоритм указанного размещения, по существу являющийся маршрутной картой оптимизации.

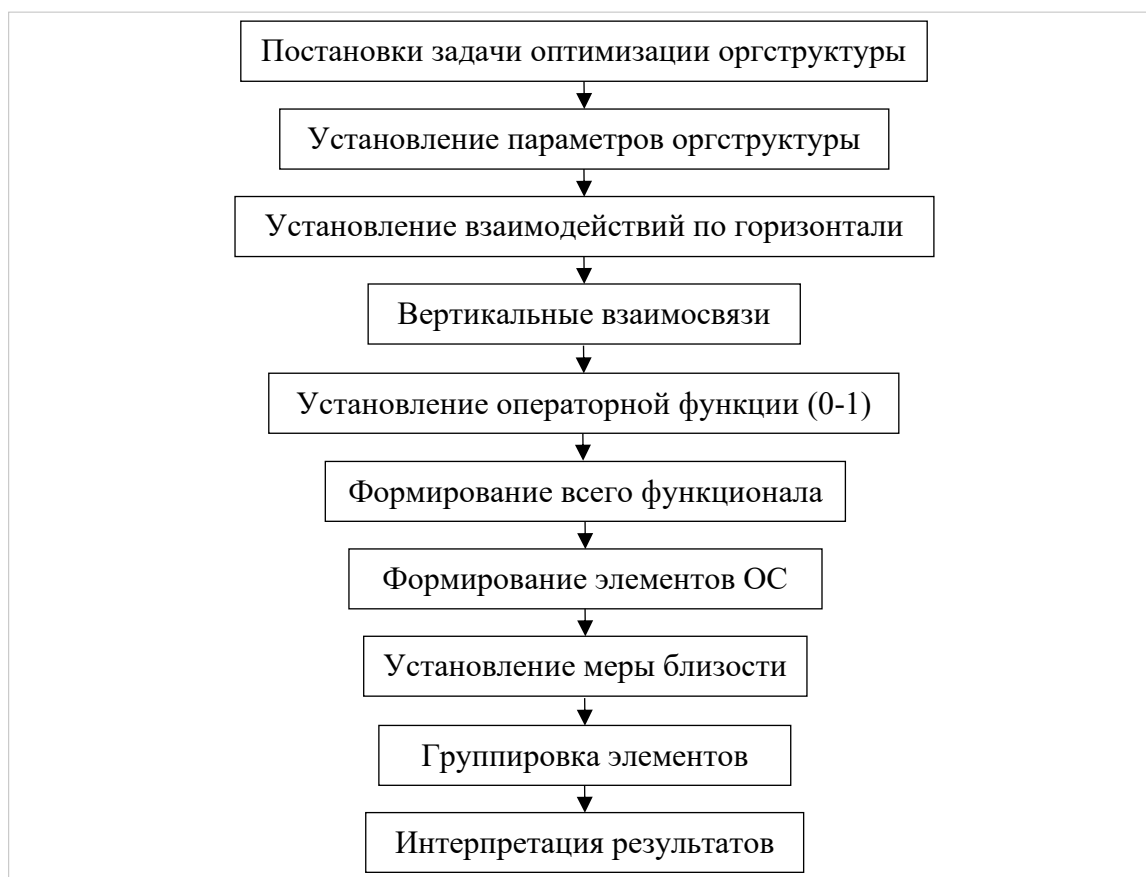


Рисунок 14 – Процесс рационального построения и анализа модели оптимизации

Далее необходимо установить, что при формализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия машиностроения и дальнейшей её многоуровневой рационализации необходимо привести в соответствие систему понятий, указывающих на характер процедуры рационализации (многоуровневость), на специфику отрасли (существенное наращение объёма выпуска продукции за счёт активизации внутренних резервов предприятий), а также на подход к реализации процедуры рационализации на основе классификационного подхода в интеграции с методом автоматической классификации.

Совершенно очевидно, что для этого следует установить меру различия между этими двумя понятиями, а затем экстраполировать возможность применения метода автоматической классификации для рационализации бизнес-процессов организационных структур.

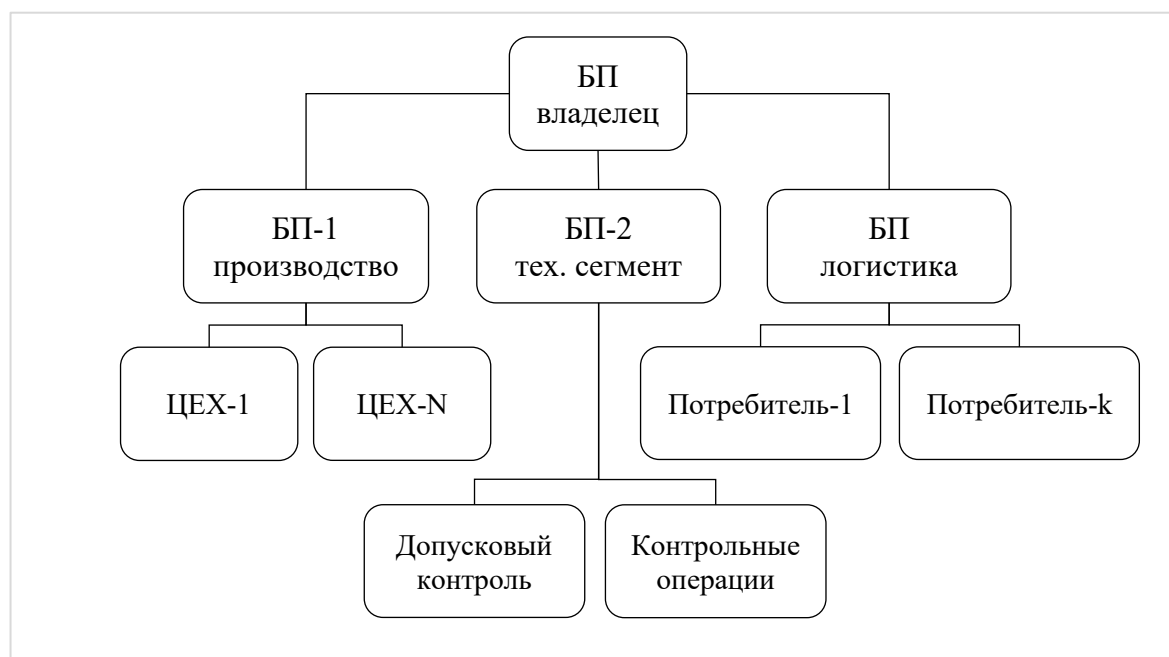


Рисунок 15 – Бизнес-структура предприятия

В настоящем исследовании организационная структура бизнес-процессов промышленного предприятия представлена организационной структурой системы управления и формирует институциональный уровень.

Методика рационализации оргструктуры бизнес-процессов предприятия на институциональном уровне.

Рационализация институционального уровня, в котором вычислительная процедура диверсифицирована на два направления.

Процедура внешней рационализации. (Оптимальность сквозного процесса).

Внешняя рационализация включает следующие обобщённые опции:

- представление всех бизнес-процессов предприятия в виде подпроцессов (обобщённых функций);
- рассмотрение обозначенных обобщённых функций в виде «сквозного» процесса;
- оптимизация обобщённых функций по критерию их близости по парам и экономическому критерию с целью установления оптимальных значений количества технологических бизнес - процессов на предприятии.

Процедура внутренней рационализации. (Снижение степени дублирования).

Внутренняя рационализация включает следующие моменты:

- проведение функциональной дихотомии функционала оргструктуры;
- рационализацию функционала итеративным методом с использованием двухкритериальной базы;
- формирование единой процедуры многоуровневой рационализации организационной структуры бизнес-процессов машиностроительного предприятия.

В исследовании рационализации организационной структуры предприятия представлена тремя опциями:

Опция 1. Проведение функциональной дихотомии функционала оргструктуры с целью дальнейшей рационализации.

Опция 2. Рационализация организационной структуры и функций предприятия по критерию близости исполняемых функций с использованием метрики Танимото-Роджерса.

Опция 3. Рационализация организационной структуры предприятия по экономическому критерию на базе автоматической классификации.

Следуя логике настоящего исследования, основываясь на анализе инновационного базиса, формализации и моделирования процессов

многоуровневой оптимизации, а также на аналитику совершенствования и реинжиниринг бизнес-процессов, показанную в исследованиях многих авторов по теме, можно сформулировать общую постановку задачи оптимизации оргструктуры бизнес-процессов предприятий машиностроения, представленной в виде экономико-математической модели.

В концептуальной форме обозначенная задача выглядит следующим образом: на предприятии существует множество подразделений, в которых производится реализация множества различного рода рациональных видов деятельности (функций), характерных для бизнес-процессов предприятия. Обозначим представленные множества соответственно $G_N = \{g \mid g = 1, \dots, n$ – функции и $P = \{p \mid p = \overline{1, m}\}$ – подразделения [62, 63, 142].

Далее в указанном формате представленных множеств требуется найти всю совокупность вариантов функций из заданного множества G_N и соответственно всю совокупность вариантов их закреплений в множестве P , при максимизации целевой функции, представленной в матричной форме в системе линейного программирования:

$$M = \sum_{g=1}^n \sum_{p=1}^m L_{gp} \mathbb{Y}_{gp}, \quad (6)$$

где:

M – суммарные приведённые затраты на реализацию всей совокупности функций;

L_{gp} – приведённые затраты необходимые на реализацию функции вида g в подразделении P .

В настоящем исследовании введена характеристическая булева функция вида $\mathbb{Y}_{gp}$ принимающая значения ноль и единица. 1 – функция присуща для данного подразделения, 0 – в противном случае. Далее в системе линейного программирования действуют ограничения в виде допустимости различного вида условий:

$$\sum_{p=1}^m \mathbb{Y}_{gp} = 1, \quad (7)$$

Это выражение означает, что вся совокупность представленных функций должна реализоваться в представленной совокупности подразделений.

А также вида:

$$\sum_{g=1}^n L_g \mathbb{Y}_{gp} \leq [L_p], \quad (8)$$

Данное ограничение означает следующее: приведённые затраты на реализацию функции L_g независимо от места её реализации не может быть больше установленных предельных затрат $[L_p]$.

Матричная модель оптимизации организационной структуры бизнес-процессов предприятия по экономическому критерию представлена в таблице 14, где M_{i1} – приведённые затраты функции вида i в первом подразделении [36,59].

Таблица 14 – Матричная модель оптимизации организационной структуры бизнес-процессов предприятия по экономическому критерию

Совокупность функций	Совокупность подразделений предприятия				
	P_1	P_2	...	P_{m-1}	P_m
g_1	0	M_{12}	...	M_{1m-1}	0
g_2	M_{21}	0	...	0	M_{2m}
...	...	...	...	...	...
g_i	M_{i1}	...	...	0	M_{im}

Представленная модель даёт основание утверждать, что данный вид оптимизации является методом решения задачи дискретного программирования, которая может быть решена способом ветвей и границ [138,140].

Метод достаточно прост и легко реализуем. Прежде всего необходимо раскрыть сущность двух основных процедур: в первой процедуре осуществляется вычисление нижней границе функции цели вида $M = LX \rightarrow \min$, в системе линейного программирования. При этом под M – затраты в векторной форме, X –

трудоёмкость реализации рациональных видов деятельности (функций). Ограничения целевой функции представлены в виде: $CX \leq B$; $X \geq 0$; $M \geq 0$, L , C – векторы коэффициентов. B – ограничение, устанавливающее условие непустого и ограниченного множества. Вторая процедура – аналог первой, но с условием верхней границы функции цели.

В настоящем исследовании на основании метода ветвей и границ в формате задачи дискретного программирования приведена разработка модернизированного алгоритма оптимизации оргструктуры по экономическому критерию. (Таблица 15)

Таблица 15 – Модернизированный алгоритм оптимизации оргструктуры предприятия по экономическому критерию

№ п/п опций	Наименование операций алгоритма оптимизации	БП1	БП2	БП3
1.	Внесение задачи минимизации вектора затрат M (шаг 1). Установление списка задач минимизации Начать процедуру ветвления в списке значений целевой Функции (шаг 2).	+	+	+
2.	Процедура сравнения: если список пуст-задача завершена, в противном случае осуществляется переход к шагу 3.	+	+	+
3.	Выбор задачи из списка для ветвления (шаг 4).	+	+	+
4.	Осуществление перехода из системы целочисленности к Системе оценочного линейного программирования (шаг 5). Релаксация.	+	+	+
5.	Решение релаксированной задачи в алгоритме (шаг 6).	+	+	+
6.	Опция оценки пустоты множеств: если множество пусто осуществляется переход к шагу 2; в противном случае - переход к шагу 7.	+	+	+
7.	Опция оценки пустоты множеств: если множество пусто осуществляется переход к шагу 2; в противном случае - переход к шагу 7.	+	+	+
8.	Опция компарации сравнений: если минимальное значение целевой функции меньше установленного в шаге 2 осуществляется переход к шагу 8; в противном случае - переход к шагу 2.	+	+	–
9.	Оценка оптимальности полученного минимального значения целевой функции. Если ДА осуществляется переход к шагу 12. В противном случае осуществляется переход к шагу 9	+	+	–
10.	Оценка продолжения ветвления по шагу 3. Если ДА-переход к шагу 10. В противном случае- переход к шагу 11.	+	–	–

11.	Опция модификации релаксации в случае изменения значения исходных переменных.	+	–	–
12.	Опция разветвления задачи с занесением подзадач в список в соответствии с шагом 1.	+	–	–
13.	Опция замены минимального значения целевой функции. Очистка списка задач.	+	+	+

В таблице 15 БП1, БП2, БП3 – виды бизнес-процессов.

Представленный алгоритм обладает универсальностью, заключающейся в том, что он может быть применён в следующих аспектах: оптимизации оргструктуры предприятия; оптимизация оргструктуры предприятия, функционирующего на принципе бизнес-процессного управления; знаками «+» и «–» указаны варианты применения отдельных шагов модернизированного алгоритма соответственно с видами бизнес-процессного управления.

При рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия, представлена в формате результатов научного исследования и организационно – технического документа. Отличительной особенностью и новизной методики является наличие в ней классификационного похода, предусматривающего дихотомию всего функционала оргструктуры предприятия с последующей компарацией пар функций с установленной мерой близости, что позволяет устранить противоречия и дублирование видов деятельности как внутри бизнес-структуры, так и во внутрикорпоративных взаимодействиях предприятий в регионе. Представленный классификационный подход в значительной степени упрощает оргструктуру, повышает её управляемость за счёт исключения: дублирования функций, неэффективных звеньев в цепи управления, информационных петель и, в итоге, приводит не только к существенному снижению производственных затрат на предприятиях, но и качество их функционирования. Концептуальная модель классификационного подхода к оптимизации организационной структуры, базируется на основах математической логики и теории алгоритмов, а математическая модель, -на теории систем и системном анализе [28, 66, 80].

Рассмотрим применяемые в работе термины и определения, а также необходимые соотношения. В дополнение к определениям оптимизации как процессу и организационной структуры как множеству, приведённым в нормативных документах, в данном исследовании приводится своё видение данных понятий, не вступающими в противоречие к сущностной направленности с нормативными. Так организационная структура предприятия рассматривается как система, в которой устанавливается механизм, с помощью которого осуществляется взаимосвязь и координация различных видов деятельности (функций), исполняемых в подразделениях. В свою очередь, под оптимизацией понимается перебор вариантов взаимосвязей и взаимодействий, циркулирующих в организационной структуре, по построенной модели и алгоритму в системе установленных ограничений и минимизации затрат. Построению математической модели предшествует этап формализации организационной структуры предприятия, заключающейся в определении некоторых базовых понятий и определений в формате их трактовки в теории систем и системного анализа.

Определение объединения.

Оптимальная оргструктура с позиции теории множеств представляется в виде попарно непересекающихся множеств в функциональном объединении.

Множество функций G_N называется объединением, если для любой пары функций вида g_i и g_j из G_N существует соотношение следующего вида:

$$\max K(g_i, g_{i+1}) < \min K(b, l), \quad (9)$$

где:

$K(b, l)$ – установленная мера близости.

Определение соседа.

Если функции вида $g_i, g_j \in G$ принадлежат к функциональному набору G , то g_i категорично будет соседом g_j , если различие между ними будет минимально по отношению к установленной мере близости $K(b, l)$,

где: g_i и g_j являются функциями организационной структуры предприятия.

Определение функционального набора.

Множество G , является функциональным набором, если каждая функция включена в него вместе со своим соседом.

Определение подразделения.

Если любой элемент организационной структуры определяется множеством функциональных наборов вида G , он является её подразделением.

Логическим завершением теоретического аспекта оптимизации оргструктуры предприятия является построение математической модели оптимизационной процедуры. В настоящем исследовании в качестве математической модели оптимизации применяется матричная модель. В канонической форме данная модель представлена множествами в виде матрицы, столбцами которой являются подразделения предприятия в виде множества

$P = \{p \mid p = \overline{1, m}\}$, а строками – функции, исполняемые в этих подразделениях в виде множества $G = \{g \mid g = \overline{1, n}\}$ [142]. В формате данных множеств, то есть, по существу, матрице, существует неотрицательная функция вида $K(g_i, g_j)$, которая представлена на рисунке 16.

Функции	Подразделения предприятия				
	P_1	P_2	...	P_{m-1}	P_m
g_1	0	g_{12}	...	g_{1m-1}	0
g_2	g_{21}	0	...	0	g_{2m}
...	...	Мера близости функций вида $K(g_i, g_{i+1})$		...	...
g_i	g_{i1}			0	g_{im}

Рисунок 16 – Матричная модель оптимизации организационной структуры

Авторами статьи в качестве меры близости применяется функционал Танимото-Роджерса вида:

$$K(g_i, g_j) = \frac{\sum_{p=1}^m \frac{g_i^p g_j^p}{NG}}{\sum_{p=1}^m \frac{g_i^p}{NG} + \sum_{p=1}^m \frac{g_j^p}{NG} - \sum_{p=1}^m \frac{g_i^p g_j^p}{NG}}, \quad (10)$$

где: $NG = \{g = 1, n\}$ – множество функций, исполняемых в подразделениях (бюро) оргструктуры ОТК.

$P = \{p = 1, m\}$ – множество подразделений (бюро), в которых исполняются функции вида (g) .

Пример 1. Рационализация организационной структуры технологического сегмента предприятия.

В настоящей исследовании в качестве объекта внедрения и использования разработок выступает АО «Нижегородский завод дизельных двигателей». В таблице 16 представлена матричная модель рационализации оргструктуры подразделений предприятия, где строки отображают функции различных подразделений, а столбцы - выполняемые ими функции.

Таблица 16 – Модель рационализации оргструктуры отдела технического контроля

Функция/ Подразделение	$P1$ Бюро входного контроля	$P2$ Бюро анализа брака, рекламаций	$P3$ Техническое бюро	$P1$ Бюро выходного контроля
g_1	1	1	0	1
g_2	1	0	0	1
g_3	1	0	1	1
g_4	1	0	0	1
g_5	0	0	0	1

В матрице 1 и 0 отображают: 1 – функция исполняется в данном бюро, 0 – функция в данном бюро не исполняется.

Наименования и обозначения функций представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Наименования элементов функционала

Наименование и обозначение функций, выполняемых в бюро отдела технического контроля	Обозначения функций
1. Контроль качества сырья, материала и комплектующих на основе анализа и учёта брака.	g_1
2. Интегрированная функция входного контроля: формирование статистический данных о фактическом уровне качества получаемых материалов и комплектующих.	g_2
3. Интегрированная функция бюро выходного контроля: выявление дефектов и брака, возникающих на различных стадиях производственного процесса	g_3
4. Интегрированная функция бюро анализа видов дефекта и брака: предупреждение комплекса видов дефектов изделий на основе рекламаций и статистического анализа	g_4
5. Основная функция: повышение качества выпускаемой продукции	g_5

$K(g_i, g_j)$ – значения коэффициентов близости пар сравниваемых функций всех сочетаний. При этом: $0 \leq K(g_i, g_j) \leq 1$. В приведённом примере значение $K(g_1, g_2) = 0,66$. Установленная и допустимая мера близости в структуре отдела технического контроля равняется 0,3.

Следовательно функции (g_1, g_2) следует объединить. Далее процедура рационализации циклично повторяется, далее составляется матрица мер близости всех сочетаний функций и формируется оптимальная организационная структура. Следует заметить следующее: как правило при оптимизации оргструктуры не ограничиваются только применением единственного критерия, а именно критерия близости выполняемых функций. Дополнительно проводится рационализация по критерию затрат на исполнение данной функции в конкретном подразделении.

Представленная методика рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятий машиностроения не противоречит существующим подходам к формированию оргструктур, изложенным в нормативных документах: типовые нормативы численности инженерно-технических работников и технологические стандарты, а лишь является инновационным документом, определяя научную новизну исследования.

Следуя логике настоящего исследования, для полноты рационализации необходимо провести совершенствование производственных сегментов, а именно – рационализацию системы допускового контроля и рационализацию размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу, формируя таким образом методологию многоуровневой рационализации.

Разработанная методика внедрена и использована на предприятиях АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» и АО «НГА», где получены положительные результаты в виде снижения производственных издержек на функционирование оргструктуры отдела технического контроля и повышения качества работы исполнителей.

Методика рационализации размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу.

Задачи оптимального распределения КИП по технологическому процессу вот уже длительное время рассматривались в различных приложениях. Нормативной документации по оптимизации размещения КИП не существует, а структура технологического процесса устанавливается ГОСТом Р71801-2024 «технологическая подготовка производства».

Анализ литературных данных показывает, что в основу оптимизации размещения КИП по технологическому процессу в основном положены соображения, связанные с потерями из-за брака. В целевой функции при осуществлении оптимизационной процедуры присутствовали две переменные: издержки, связанные с реализацией как технологических, так и контрольно-испытательных операций соответственно.

Предложенная методика отличается тем, что оптимизация оргструктуры бизнес-процессов предприятия на уровне технического сегмента (структура технологического процесса) приведена для случая неизменности технологической структуры. При этом учитываются следующие исходные положения:

а) размещение контрольно-испытательных постов (КИП) связано с качественными показателями технологического процесса – по критерию минимума брака;

б) приемлемость (неприемлемость) данного размещения КИП определяется затратами на реализацию технологических операций, операций контроля и испытаний, а также затратами, связанными с технологическими операциями по обработки дефектных деталей, но оставленных в технологическом процессе в следствии отсутствия контрольно- испытательных постов на этих операциях.

Введём обозначения по параметрам процесса, состоящим из пяти технологических операций и различными вариантами КИП при целевой функции вида:

$$C_{\Sigma i} = T_1^n + \Pi_i + K_{\Sigma i} \rightarrow \min; \quad (11)$$

T_1^n - трудоёмкость технологических операций от 1,..., n, т.е. (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5);

K_1^m – трудоёмкость контрольно-испытательных операций от 1,...,m, ($m=n$)

Π_i – затраты на обработку уже бракованных операций (деталей), но остающихся в технологическом процессе, т.к. контроль их не производится.

V - вероятность брака (const).

В целевой функции при осуществлении оптимизационной процедуры присутствуют три переменные. Таким образом оптимальным является способ, при котором совокупные издержки по технологическому процессу будут минимизированы. При этом процедура рационализации реализуется этапами:

1. Первый этап. Рационализация осуществляется по целевой функции с ограничениями по браку и суммарных затрат на основе итеративного способа перебора вариантов.

2. Второй этап. Реализация процедуры рационализации осуществляется на базе метода линейного программирования.

В диссертационном исследования представлены два основных варианта размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу.

Вариант 1. КИП размещаются после каждой технологической операции.
(Рисунок 17)

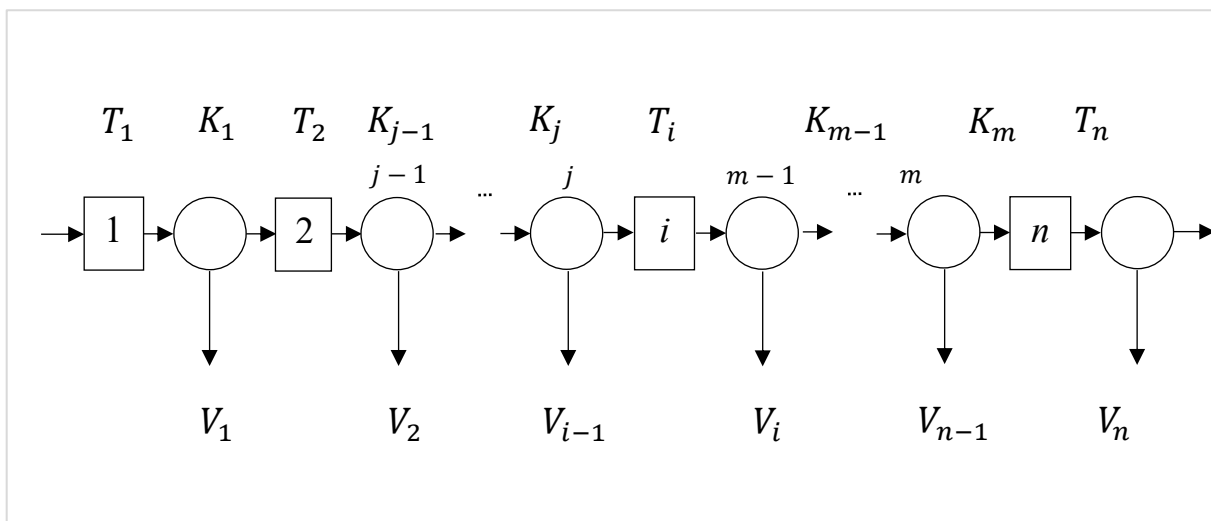


Рисунок 17 – Схема технологического процесса со сплошным контролем
Вариант 2. КИП размещаются после одной (последней) технологической операции. (Рисунок 18)

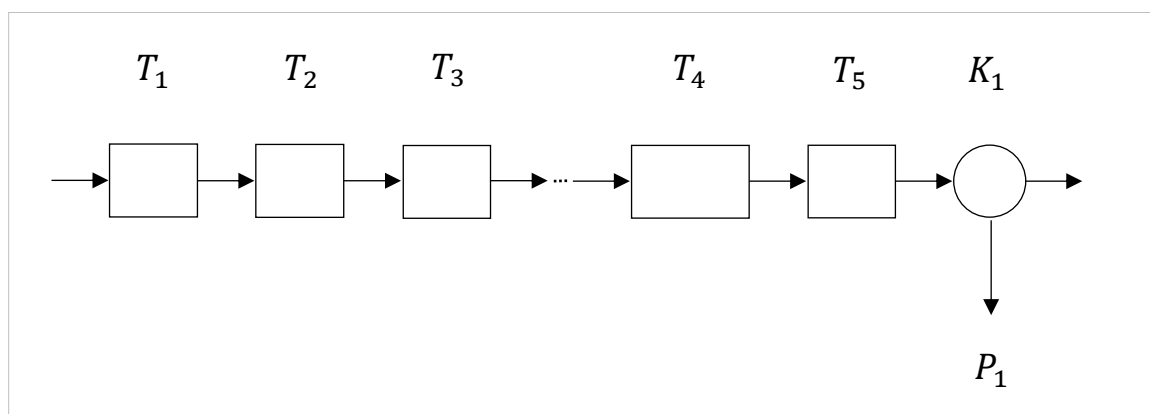


Рисунок 18 – Схема технологического процесса с КИП после последней технологической операции (выходной контроль)

Схема отражает суммарные затраты с учётом обработки уже отбракованных изделий, максимальной вероятности брака и минимальных затрат на контрольные операции.

Рационализация производится пересчётом всех вариантов итераций и выбора оптимальной итеративным способом по критерию минимизации затрат. В исследовании выбраны:

1. Вариант сплошного контроля не подходит в связи с максимально высокими затратами на выполнение контрольно-испытательных операций.

2. Вариант выборочного контроля (КИП – после последней технологической операции, выходной контроль) не подходит, по причине высокого уровня брака, установленного экспериментально в связи с отсутствием всех промежуточных контрольных операций.

Вариант 3. Оптимальным является вариант размещения КИП после двух последних технологических операций. Графическая интерпретация результата оптимизации.

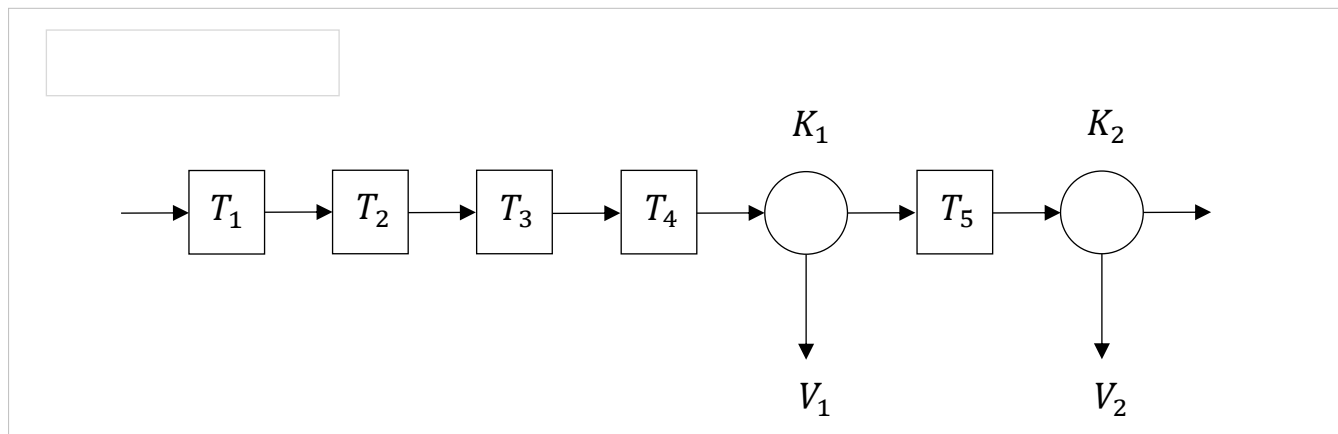


Рисунок 19 – Схема технологического процесса с КИП после двух последних технологических операций

Методика рационализации системы допускового контроля.

Организационная структура технико-технологического сегмента, представленная в исследовании как технический и технологический сектор (соответственно размещение контрольно-испытательных постов по технологическому процессу и оптимизация допускового контроля) занимает особое место в оргструктуре предприятия по своему статусу регулятора, который не только является барьером, препятствующим поступлению в реализацию нестандартных изделий, но и осуществляет политику предприятия в области качества по всей номенклатуре показателей в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001 [108].

Ранее в исследовании была приведена методика оптимизации технического сегмента как распределения контрольных операций по технологическому процессу. В соответствии с логикой настоящего исследования оптимизация

допускового контроля также базируется на математической модели и системы ограничений.

Характеристика объекта рационализации.

Технологический сектор как третий уровень оптимизационных процедур представлен оптимизацией допускового контроля – как процессу, направленному на повышение точности и надежности контроля технического состояния объектов оптимизации при минимизации затрат.

Цель – обеспечить, чтобы контролируемая величина принадлежала заранее определённой области значений, заданной границами допуска, с минимальными издержками.

Задачи объекта рационализации:

1. Минимизация вероятности ошибочного решения при допусковом контроле. Например, оптимизация порога профилактического допуска для обнаружения факта наступления постепенного отказа.

2. Повышение достоверности контроля технического состояния сложных технических систем за счет резервирования измерительных каналов. Это позволяет более точно оценивать состояние объекта и делать вывод о вероятности наступления отказа.

3. Снижение технологических затрат на жесткий допусковой контроль, например, за счет оптимизации допусков на параметры высокотехнологичного продукта.

Для рационализации допускового контроля используют, как пример следующие методы:

1. Методы теории статистических решений. Учитывают вероятностные распределения выходных значений контролируемых параметров.

2. Вероятностные методы, базирующиеся на информационно-статистическом подходе и методах Бернулли, позволяющих совместить теорию отказов и распознавание объектов диагностики, учитывающих их вероятностную природу.

3. Методы, основанные на анализе статистических данных. Например, разработка методики оптимизации процессов эксплуатационного контроля, которая позволяет устанавливать оптимальные величины допусков и допускаемых погрешностей на основе анализа статистической информации [31].

Для рационализации допускового контроля используют модели, например:

1. Монопараметрические модели измерения контролируемых параметров и верификации их с допусками, что даёт детерминированные оценки технического состояния объекта.

2. Модели «диагностических матриц», которые связывают искомые неисправности с диагностическими параметрами. При этом множество параметров, характеризующее внутреннее состояние объекта, преобразуется в конечное множество структурных параметров, принимающих только одно из двух значений 0 или 1, соответствующих отсутствию или наличию неисправности.

Практическое применение.

Рационализация допускового контроля используется в разных областях, например:

1. Контроль технического состояния сложных технических систем – оптимизация порога профилактического допуска позволяет более точно проводить оценку состояния объекта и делать вывод о вероятности наступления отказа.

2. Контроль режимных параметров технологического процесса – разработка интеллектуальной информационно – измерительной системы (ИИИС) допускового контроля, которая позволяет принимать решения в условиях неопределенности для выбора оптимальных режимных параметров [30, 62, 63].

Обоснование необходимости рационализации допускового контроля.

Как показала практика назначения допусков на параметры изделий машиностроения на предприятиях высокотехнологичного уровня, таких как ООО «НижПромРазвитие» и АО «НГА» значения допусковых характеристик существенно завышены, в основном в следствии заимствования методик и технической документации у зарубежных производителей, что ведёт к неоправданной высокой точности изделий. Данная практика приводит к тому, что

в технологическом процессе применяется дорогостоящий импортный станочный парк, что в свою очередь повышает импортозависимость. Другим негативным фактором является ограниченность методов назначения допусков. В таблице 18 приведены основные подходы и методы назначения допусков.

Таблица 18 – Компаративный анализ методов допускового контроля

№	Методы допускового контроля	Положительные стороны	Отрицательные стороны
1.	Метод максимума-минимума. Основа: допущение, что детали имеют либо наибольшие, либо наименьшие отклонения, которые суммируются	Гарантия полной взаимозаменяемости при сборке	Большие качества точности. Удорожание производства.
2.	Метод построения размерных цепей. Основ: связь всех звеньев с Замыкающим звеном	Возможность установить связь между размерами	Усложнение конструкции изделия
3.	Теоретико-вероятностный метод. Основа: аппарат теории вероятности	Возможность прогнозирования показателей надёжности изделия	Ошибки первого и второго рода. Риски «изготовителя и заказчика»

Приведённый анализ показал отсутствие возможности рационализации структуры системы технического контроля по критериям точности себестоимости и надёжности. В настоящем исследовании представлена разработка методики оптимизации допускового контроля, базирующейся на двух моделях:

- имитационная модель, основанной на теории чувствительности и выполненной как физический анализируемый объект;
- математическая модель целочисленного линейного программирования с функцией цели и системой ограничений.

Сущность имитационная модель может быть представлена следующим алгоритмом, базирующаяся на модели чувствительности и системы цифровых двойников [52,97,98,104,116]:

- формируется физическая модель объекта исследования с эталонными по качеству компонентам (первичными параметрами-деталью с максимально жёсткими уровнями допусков) и стандартным значением выходного параметра;

- производится замена эталонного компонента на компонент (деталь с более широким полем допуска;
- производится замер выходного параметра (цикл). Если значение выходного параметра не стандартно, деталь заменяется на более качественную и производится замер выходного параметра в регистраторе;
- цикл повторяется до момента, при котором деталь получена с более широким допуском на неточность изготовления чем эталонная и выходной параметр соответствует технической документации. При этом устанавливается значение коэффициента влияния погрешности детали на погрешность выходного параметра изделия;
- процедура повторяется со всеми деталями, входящими в изделие. На рисунке 20 приведена блок схема модели чувствительности.

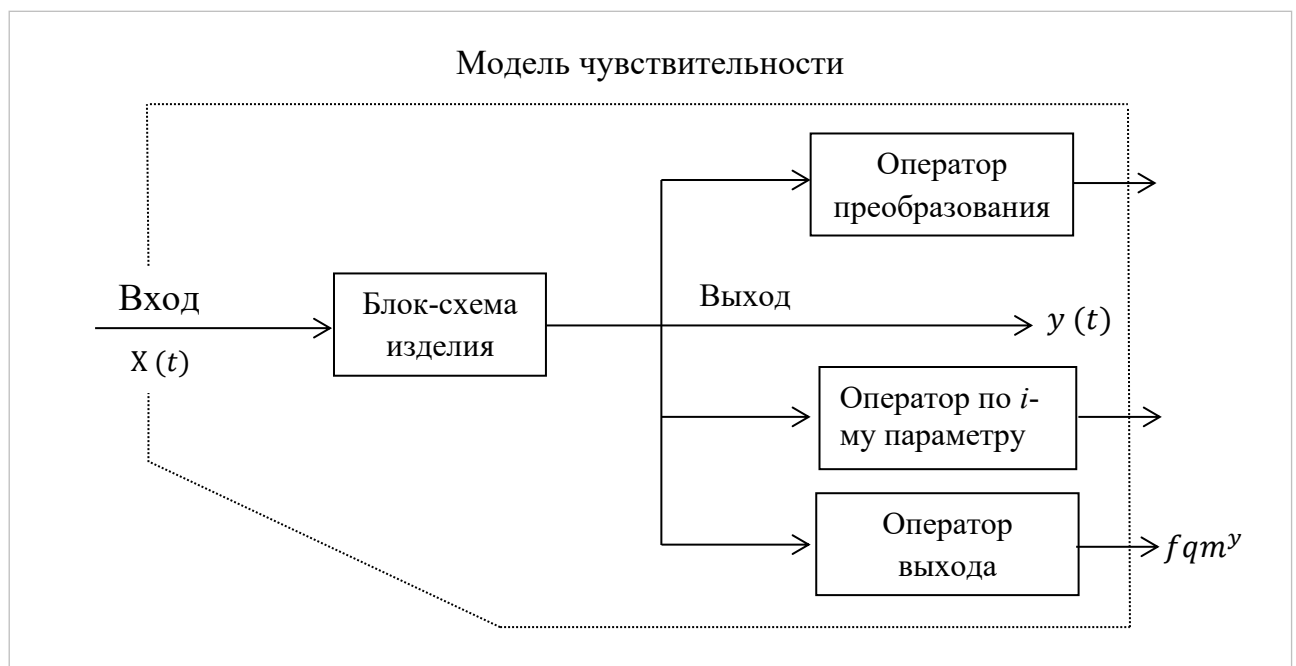


Рисунок 20 – Структурная блок-схема регистратора модели чувствительности

Математическая модель рационализации в канонической форме представлена постановкой следующей задачи: требуется определить оптимальные значения переменных $Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_{n-1}, Z_n$ представляющих уровни допусков на параметры изделия и соответственно минимизацию целевой функции вида:

$$G = \{G(Z_i)\} \rightarrow \min \text{ затрат} \quad (12)$$

и ограничениях по затратам и надёжности вида:

$$\begin{aligned} A &\geq A_i(Z_i) \\ B &\leq B_i(Z_i) \end{aligned} \quad (13)$$

На рисунке 21 приведен алгоритм (схема) формирования вычислительных процедур многоуровневой рационализации.



Рисунок 21 – Схема процедур трёхуровневой рационализации бизнес-процессов

Приведённые соотношения дают возможность реализовать рационализацию допускового контроля в системе линейного программирования, удобного как с инженерной и алгоритмической точки зрения, так и с позиции постановки задачи для использования систем искусственного интеллекта.

Обеспечение точности выпускаемого изделия.

В отличие от ранее, используемых оптимизационных моделей, математическая модель рационализации допусков обладает существенной нелинейностью и требует процедуры линеаризации в уравнениях ограничений.

Обозначим погрешность ΔU в параметре выхода $U(t)$ через функцию погрешностей Δq_i первичных параметров q_i . В соответствии с рядом Тейлора, при разложении погрешностей по степеням ошибок можно установить следующее соотношение:

$$\Delta U = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial u}{\partial q_i} \right)_0 \Delta q_i, \quad (14)$$

где: $\left(\frac{\partial u}{\partial q_i} \right)_0$ – коэффициент влияния погрешности первичного параметра на выходную функцию $Y(t)$. В настоящем исследовании эмпирическое значение коэффициента влияния является неслучайным и берётся из физической (имитационной) модели и обозначается как K_i , при условии нормального закона распределения погрешностей. В приведённых условиях и предпосылках уравнение допусков на точность выходного параметра для неслучайных коэффициентов влияния выглядит следующим образом:

$$\Delta_y^2 = \sum_{i=1}^n F_i^{*2} \Delta_i^2, \quad (15)$$

В настоящем исследовании функция вида Δ_y^2 является квадратом допуска. Далее, линеализируя функцию допуска известными методами, можно представить её в виде ограничения по точности в системе линейного программирования.

Ограничение по затратам на производство изделия.

В соответствии с поставленной задачей необходимо сформулировать ограничение по затратам в системе линейного программирования.

Введём следующие обозначения:

$E_i(\Delta_i)$ – функция затрат на обеспечение точности i -го параметра;

$X_i = \Delta_i^2$ – текущее значение квадрата допуска на точность i -го параметра.

Линеаризованная функция затрат на обеспечения точности i -о первичного параметра представлена в формуле 16:

$$E_i = E_{i0} - \frac{E_{i0} - E_{ik}}{E_{ik} - E_{i0}} E_i = E_{i0} - K_i X_i, \quad (16)$$

где:

E_{i0} – начальное значение затрат при начальном значении допуска;

E_{ik} – конечное значение затрат при конечном значении допуска;

K_i – коэффициент влияния.

Принимая во внимание аддитивный характер функции затрат можно записать значения суммарных затрат в системе линейного программирования.

$$E = E_0 - \sum_{i=1}^n K_i X_i \rightarrow \min, \quad (17)$$

На рисунке 22 представлена экспериментальная линеализованная функция затрат.

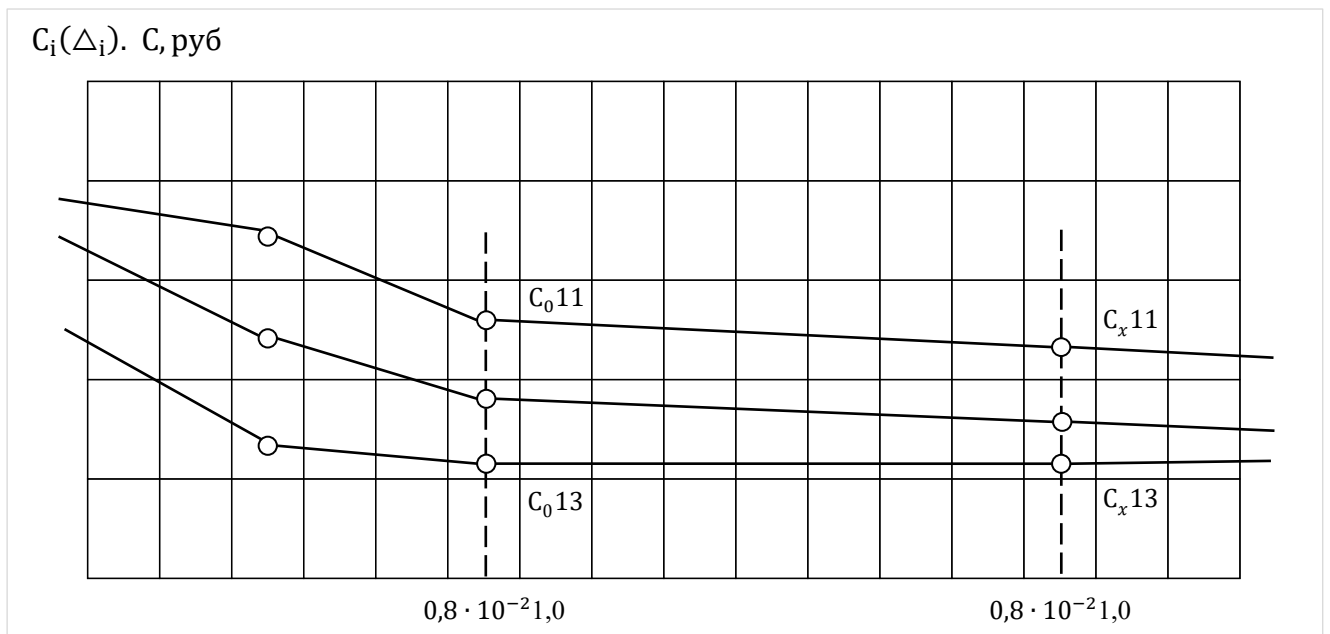


Рисунок 22 – Экспериментальная функция затрат $C_i(\Delta_i)$ в линеаризованном виде шкалы допусков Δ_i^2 , при трёх рационализируемых параметрах

Ограничение по надёжности.

Основываясь на приведённых математических выкладках и преобразованиях, можно экстраполировать приведённый аппарат линеаризации на ограничение по надёжности.

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (18)$$

где вероятность безотказной работы является функцией надёжности от квадрата допуска вида: $P_i(\Delta_i)$. (19)

По аналогии с функцией затрат произведём линеаризацию этой функции.

Принимая во внимание мультипликативный характер функции надёжности можно записать значение вероятности безотказной работы изделия в виде функции цели в системе линейного программирования как ограничение по надёжности.

$$P = \prod_{i=1}^n P_i \rightarrow \min, \quad (20)$$

На рисунке 23 представлена экспериментальная функция надёжности при оптимизации допусков на параметры изделия.

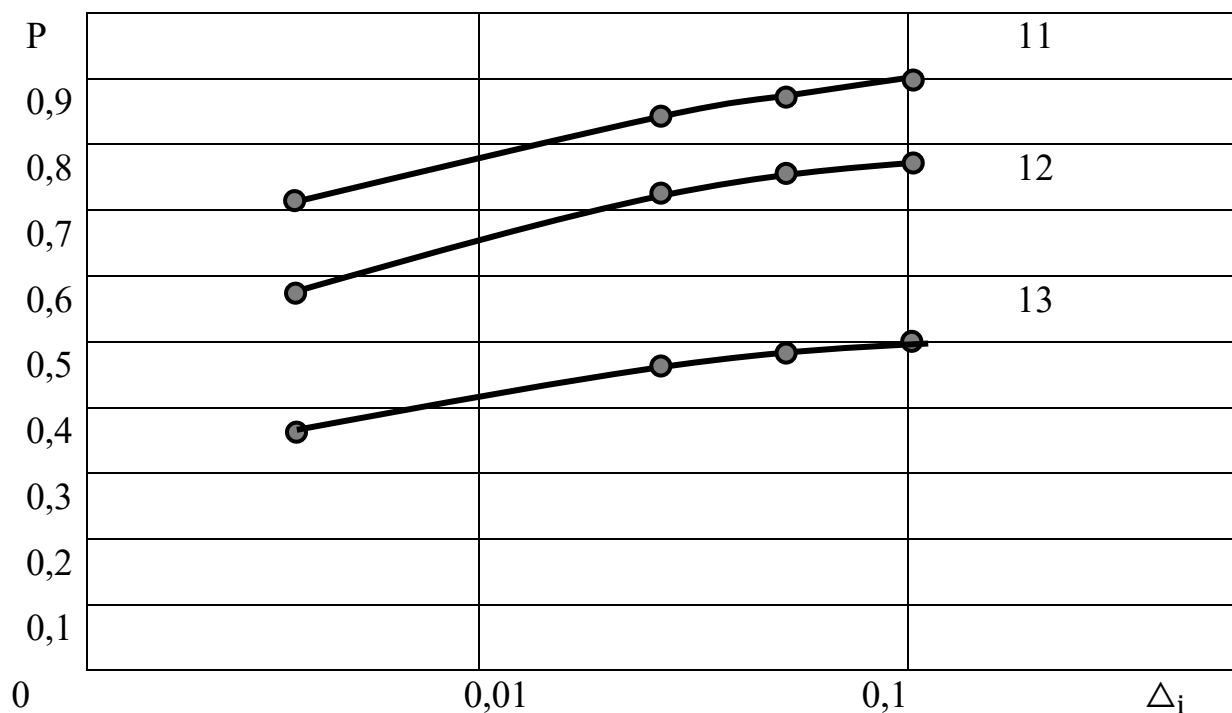


Рисунок 23 – Экспериментальные функции надёжности $P(\Delta_i)$

После завершения формализации целевой функции и ограничений переходим к решению задачи рационализации допусков на параметры изделий в системе целочисленного линейного программирования.

Пример 2. Рационализация системы допускового контроля бизнес-процессов технологического сегмента предприятия.

Рационализация системы допускового контроля производится на примере изделия детали – «распределительный вал» в ООО «НижПромРазвитие».

В таблице 19 приведены числовые значения параметров технологического процесса изделия детали.

Таблица 19– Числовые значения параметров технологического процесса
изготовления детали

№ технологической операции изготовления детали. Процедура рационализации производится с ограничениями по точности, затратам и надёжности.	Уровень допусков параметров технологической операции изготовления детали (кавалитет точности) до рационализации	Уровень допусков параметров технологической операции изготовления детали (кавалитет точности) после рационализации
1	7	8-9
2	8-9	9-10
3	6	5-6
4	7	7-8
5	9	9-10

Основным выводом по рационализации допускового контроля является существенное понижение квалитетов точности в технологическом процессе, что обуславливает:

1. Применение более дешёвого и доступного технологического оборудования.
2. Использование технологического материала с допустимо пониженными свойствами в связи с изменением технологических режимов.
3. Понижение затрат на подбор, обучение и адаптацию персонала в следствии упрощения производственной деятельности.

Разработанная в настоящем исследовании методология многоуровневой рационализации оргструктуры бизнес-процессов предприятий машиностроения при определённом обобщении, в зависимости от объекта совершенствования, может быть распространена на широкий класс контролирующих, испытательных и управляющих оргструктур.

В настоящем исследовании предложен алгоритм этапов многоуровневой рационализации оргструктур бизнес-процессов предприятий машиностроения, который представлен на рисунке 24.



Рисунок 24 – Этапы многоуровневой рационализации оргструктуры бизнес-процессов предприятий машиностроения

В разделе исследования предложен системный подход к разработке методик многоуровневой рационализации организационных структур бизнес-процессов на основе экономико-математического моделирования как инструмента повышения эффективности хозяйственной деятельности в ключевых направлениях.

1. Совершенствование оргструктуры на институциональном уровне представлено методическим комплексом рационализации с использованием принципа функциональной дихотомии. Алгоритм вычислительной процедуры реализуется через метрику Танимото-Роджерса с критериями близости пар функций, экономической целесообразности и методом ветвей и границ.

2. На технико-экономическом уровне оргструктуры представлен инновационный подход к рационализации системы технического контроля. На данном уровне ключевой инновацией служит формат оптимального сочетания контрольных и

технологических функций, установленного на основе двух критериев: минимизация брака и экономическая целесообразность, что позволяет найти баланс между качеством продукции и затратами на его обеспечение.

3. Обоснована и приведена методическая разработка рационализации системы допускового контроля, включающая два направления изменений:

- расширение поля допуска. На базе физической имитационно модели доказано увеличение качества точности изготавливаемых и контролируемых деталей и сборочных единиц, что уменьшает время производственного цикла;
- увеличение импортозамещения. Методическая разработка адаптирована для замены зарубежных стандартов и оборудования на отечественные аналоги без потери качества, что повышает устойчивость предприятия к условиям санкционных ограничений.

4. На базе трёхуровневой рационализации оргструктур бизнес-процессов предприятий машиностроения сформулирована методология комплексной рационализации производства. Объединение уровней (институционального, технико-экономического и технологического) позволяет рассматривать оргструктуру как динамический инструмент управления эффективностью. Комплексный подход обеспечивает:

- снижение транзакционных издержек внутри предприятия;
- сохранение достигнутого уровня качества продукции в условиях рационализации производственного процесса;
- рост экономической эффективности хозяйственной деятельности предприятия в целом.

2.3. Интеграция MES-системы в механизм повышения эффективности рационализации организационных структур бизнес-процессов

Одной из основных задач, стоящих перед экономикой РФ на этапе структурной трансформации, является обеспечение условий для динамичного и

стабильного развития промышленных предприятий с целью достижения технологического лидерства.

Ключевым показателем эффективности функционирования организационных структур бизнес-процессов промышленных предприятий на рассматриваемый период станет производительность труда. Целевые ориентиры государственных программ предполагают рост производительности в машиностроении не менее чем на 5-7% ежегодно. Однако реальные показатели могут варьироваться в зависимости от внедрения программ бережливого производства (Lean, TQM, Six Sig).

Производительность труда в машиностроении сегодня - комплексный показатель, отражающий эффективность использования не только человеческого капитала, но и интеллектуальных ресурсов, автоматизированных комплексов, информационных потоков и организационных связей.

Машиностроение отличается высокой материалоемкостью, сложностью технологических цепочек, длительными циклами производства и высокой долей ручного труда. В таких условиях рост производительности труда невозможен без синхронизации действий всех участников сквозного бизнес-процесса. Традиционные методы повышения производительности, основанные на интенсификации труда, в значительной мере потеряли свой потенциал. Современный подход связывает производительность труда с качеством организационной структуры предприятия. Неэффективная оргструктура, характеризующаяся дублированием функций и размытыми зонами ответственности создаёт существенными барьер к повышению производительности. Из чего следует, что улучшение данной ключевой характеристики производства напрямую зависит от многоуровневой рационализации оргструктур бизнес-процессов. При этом уровнями организационной структуры в отличие от существующего традиционного представления следует считать:

– первый (институциональный) уровень предприятия. Рационализация оргструктуры бизнес-процессов предприятия;

- второй технический уровень. Рационализация размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу;
- третий технологический уровень. Рационализация системы допускового контроля.

В формате приведённого представления рационализация понимается как целенаправленный процесс выявления и устранения потерь в бизнес-процессах, создающих ценность. В этом случае производительность труда выступает не только как целевой показатель, но и как инструмент диагностики, показывающий наличие проблем в производстве, которых следует устранить с наименьшим временным лагом.

В условиях Индустрии 4.0 и концепции «Умного производства (Smart Manufacturing)» вопросы оптимизации производственных систем в целом и рационализации организационных структур бизнес-процессов предприятий в частности выходят за рамки простого технического перевооружения. Ключевым фактором конкурентоспособности машиностроительных предприятий становится способность к быстрой адаптации оргструктур бизнес-процессов под изменяющиеся рыночные требования. В этом контексте системы класса MES (Manufacturing Execution System) перестаёт быть просто инструментом оперативного учёта и диспетчеризации, интегрируясь в механизм многоуровневой рационализации,

В диссертационном исследовании представлено видение интеграции и модернизации MES-системы в производственный процесс для обеспечения минимального временного лага при внедрении результатов многоуровневой рационализации через механизмы цифровых двойников на всех её этапах. (Рисунок 25)



Рисунок 25 – Модель последовательности этапов многоуровневой рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия

На предприятиях машиностроения Нижегородского региона АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ» по выпуску модели грузового тягача, АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» в качестве системы автоматизированного управления производством на конвейерных линиях применяется стандартная MES-система, представляющая собой информационную систему, предназначенную для решения задач оперативного управления производством в реальном времени. Согласно стандарту ISA-95, MES занимает промежуточное положение между системами планирования ресурсов предприятия (ERP) и системами автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП/SCADA).

Система управления производственными процессами (MES) представляет собой информационную систему, предназначенную для решения задач оперативного управления производством в реальном времени. Согласно стандарту ISA-95, MES занимает промежуточное положение между системами планирования ресурсов предприятия (ERP) и системами автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП/SCADA). Основными задачами на указанных предприятиях машиностроения г. Нижний Новгород, рассматриваемыми в исследовании как компоненты системы, являются:

1. Диспетчеризация и управление производственными заказами. Детализация плановых заданий по ERP, контроль статуса выполнения заказов в режиме реального времени.
2. Управление производственными ресурсами. Учёт состояния оборудования, инструментов, оснастки и материалов. Контроль доступности ресурсов перед началом операции.
3. Сбор и анализ данных о производстве. Автоматический сбор данных с оборудования (через датчики) и ручной ввод данных операторами. Формирование отчётов о выработке, простоях, браке.
4. Управление качеством (QMS). Контроль соблюдения технологических параметров, регистрации дефектов, управление несоответствующей продукцией, прослеживаемость качества на каждом этапе.
5. Управление персоналом. Учёт рабочего времени операторов, контроль их квалификации и допусков к конкретным операциям, расчёт сдельной заработной платы на основе фактических данных.
6. Управление документацией. Обеспечение рабочих мест актуальными версиями конструкторской и технологической документации.
7. Анализ производительности. Расчёт коэффициента общей эффективности оборудования, выявления причин потерь и формирование рекомендаций по их устранению.

Таким образом, анализируя компоненты представленной архитектуры MES-системы можно сделать вывод о её совершенстве. Однако для целей

многоуровневой рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия этого недостаточно. Требуется переход к функциям иного порядка, таких как:

- причины рассогласования;
- рекомендуемые действия;
- место, способ и время устранения.

В настоящем исследовании в связи с представленными требованиями обоснован и разработан формат необходимости интеграции, существующей на представленных предприятиях MES-системы в более широкий контекст цифровой трансформации с учётом системных ограничений, вызванных слоистостью архитектуры MES-систем и проблемы их «защитости».

Дело в том, что так называемая слоистая архитектура современных MES-систем обычно строится по модульному принципу, но сложилось так, что многие промышленные автоматизированные системы развивались первоначально как монолитные, «защитые». Это означает, что логика работы системы жёстко привязана к специфике конкретного производства и плохо поддаётся изменению без согласования с разработчиком. На рисунке 26 показана типичная слоистая многоуровневая архитектура MES-системы.

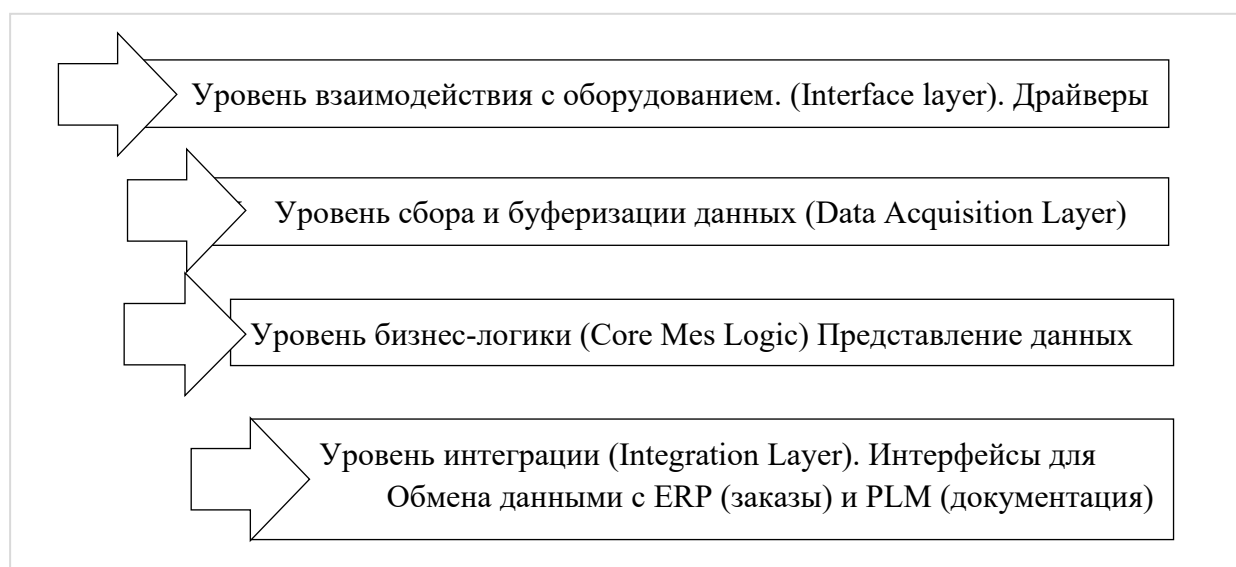


Рисунок 26 – Слоистая многоуровневая архитектура MES-системы

Исходя из представленной схемы можно сформулировать проблему «защитости» системы. Таким образом основным недостатком традиционных MES-

систем является их низкая гибкость, что является существенной трудностью для осуществления многоуровневой рационализации. Процесс многоуровневой рационализации оргструктур подразумевает постоянные изменения, связанные с перераспределением функций между подразделениями, характерными для первого уровня рационализации, введение новых контрольных точек для технического уровня и изменениями маршрутов контроля деталей - для технологического уровня. При этом все указанные изменения реализуется в режиме реального времени и в «защитой» системе требуют значительных финансовых затрат. Данный негативный момент создаёт огромный временной лаг между моментом принятия решения о необходимости рационализации (на институциональном, техническом и технологическом уровне) и моментом его появления (отражения) в MTS-системе и за это время предприятие работает в старом неэффективном режиме.

Далее в исследовании, в целях исключения неэффективного режима, обоснована и разработана подсистема трансформации, существующей на представленных предприятиях MES-системы в более широкий контекст цифровой трансформации с учётом системных ограничений, вызванных слоистостью архитектуры MES-систем и проблемы их «защищённости».

Как было ранее установлено, существующие на предприятиях традиционные MES-системы обладают определённой «защищённостью», что затрудняет их интеграцию в контур многоуровневой рационализации. Для исключения этого существует два пути: перепрограммирование алгоритма системы и создание согласующего устройства с целью расширить функциональные возможности системы и осуществить коррекцию.

В формате настоящего исследования для оперативной коррекции производства выбран путь не перепрограммирования (сопряжённого с риском потери данных), а создания надстройки в виде системы адаптации на базе цифровых двойников согласующего аналого-цифрового устройства для направления результатов рационализации в MES-систему (Приложение А). В исследовании представлена архитектура такого решения на примере задачи

повышения эффективности оргструктуры бизнес-процессов, реализованной через трёхуровневую систему цифровых двойников по уровням:

1. Институциональный. (Рационализация оргструктуры на первом уровне). Задача: преобразование матричной модели сегменту управления в цифровую модель для ввода в MES-систему.

2. Технический. (Рационализация размещения контрольных постов по технологическому процессу. Задача: представление модели целочисленного линейного программирования в цифровом формате.

3. Технологический. (Рационализация системы допускового контроля: оптимизация допусков на параметры изделий). Задача: представление физической модели целочисленного линейного программирования параметров контроля в цифровой формат. Условная конфигурация цифровых двойников представлена в следующем формате: (Рисунок 27)

- цифровой двойник рационализации первого уровня бизнес-процессов предприятия;
- цифровой двойник рационализации второго уровня бизнес-процессов предприятия;
- цифровой двойник рационализации третьего уровня бизнес-процессов предприятия.

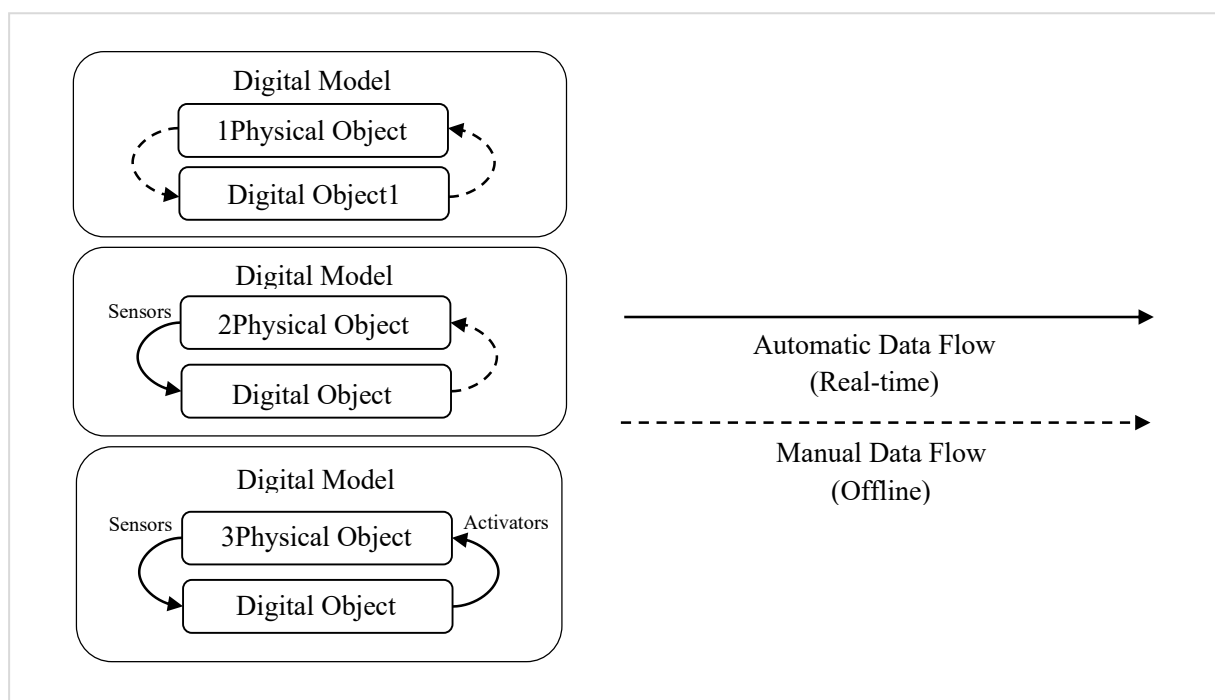


Рисунок 27 – Система цифрового двойника

Потоки информации могут быть непосредственно в режиме автоматической или ручной передачи данных.

В итоге после внедрения разработанного инструмента интеграции в практику функционирования предприятий машиностроения Нижегородского региона: АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ» по выпуску модели грузового тягача «Валдай-45» (АО «НГА») и АО «Нижегородского завода дизельных двигателей» получены следующие результаты по повышению производительности труда на следующих уровнях производства.

1. Институциональный уровень. Интеграция позволила закрепить полученные регламенты в коде бизнес-процессов оргструктуры. При этом в результате уменьшения степени дублирования функций и оптимизации из исполнения в подразделениях производительность труда увеличилось на 12%.
2. Технический уровень. Интеграция позволила уменьшить суммарную трудоёмкость технологического процесса. MES-система управляет размещением контрольных операций с изменением кодов конкретных основных бизнес-процессов, что повысило производительность труда на 8%.
3. Технологический уровень. В этом случае MES-система обеспечивает видимость состояния заменённого технологического оборудования и затем моделировать и

контролировать качество продукции с изменёнными регламентами параметров, что позволила увеличить производительность труда на 15%.

Выводы по главе 2.

По результатам проведённого в главе исследования, можно сделать следующие ключевые выводы:

1. Установлено, что интеграция MES-системы в механизм повышения эффективности рационализации организационных структур бизнес-процессов является стратегически важным шагом для машиностроительных предприятий.
2. Производительность труда, выступая ключевым индикатором эффективности, напрямую зависит от согласованности действий на институциональном, техническом и технологическом уровнях. MES-система служит связующим звеном, обеспечивающим синхронизацию данных уровней.
3. Разработанные мероприятия по рационализации на трех уровнях организационной структуры бизнес-процессов на предприятиях машиностроения с размещением результатов рационализации в MES-систему, создают новую производственную новацию. Эта новация характеризуется высокой динамикой изменений, необходимостью обработки больших объемов разнородных данных и требованием к мгновенной реакции системы управления.

ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК МНОГОУРОВНЕВОЙ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

3.1. Оценка эффективности рационализации организационной структуры бизнес-процессов АО «Нижегородский завод дизельных двигателей»

Предприятие машиностроения АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» является высокотехнологичным предприятием по сборке дизельных двигателей, из комплектующих Китайской народной республики. Производственный процесс сборки дизельных двигателей производится с применением автоматизированной системы управления производством MES (manufacturing execution system) с визуализацией отдельных подпроцессов процесса сборки двигателя.

Предмет поставки и общая характеристика линии сборки дизельных двигателей описаны ниже.

Линия сборки дизельных двигателей объёмом 2,5 литра.

Пример технического задания поставки на линию сборки дизельных двигателей и технические составляющие подробнее представлены в приложении Б.

Линия сборки дизельных двигателей предусматривает проектирование, изготовление, монтаж и ввод в эксплуатацию комплекса сборочных линий, включая линию сборки двигателя, послесборочную линию (post-assembling line) – «Этап 1» и линию подборки головки блока цилиндров (ГБЦ) – «Этап 2» для производства рядных четырехцилиндровых турбированных дизельных двигателей.

Сборочная линия должна обеспечивать наличие необходимых мощностей и возможностей для модернизации аппаратной и программной части с целью удовлетворения потребностей в случае будущей модернизации и расширения линейки двигателей.

Линия сборки двигателей состоит из автоматических, полуавтоматических и ручных станций, связанных между собой транспортной системой, включая

сопутствующие столы для осуществления под сборки, технологическую оснастку, специальные инструменты и измерительное оборудование для доработки, металлоконструкции из стандартного стального профиля на уровне пола, подъемное оборудование, высоковольтную и низковольтную электрическую сеть, систему освещения, систему подачи сжатого воздуха.

Линия сборки двигателей должна иметь опционально возможность интеграции стенда холодных испытаний.

Поставщиком всего комплекса комплектующих деталей, узлов и агрегатов, необходимых для сборки дизельного двигателя (перечень) и последней версии конструкторской документации является Китайская народная республика.

Режим работы оборудования.

Расчет количества необходимого оборудования производить исходя из следующих данных:

Годовой выпуск двигателей – 5000 - 6000 шт;

Рабочие дни – 225;

Количество рабочих смен в неделю – 10;

Время работы в сутки при 2-х сменном режиме – 15 часов (1-я смена – 7,5 часов, 2-я смена – 7,5 часов);

ОЕЕ 85 %;

Фонд рабочего времени в год с учётом коэффициента ОЕЕ (0,85) – 3375 часов/год;

Ресурс работы не менее 45 тыс. час.;

Дата поставки оборудования – конец 2023 года;

Требуемая дата запуска оборудования – конец 2024 года;

Начало серийного производства – начало 2025 года.

Обоснование необходимости многоуровневой рационализации организационной структуры бизнес-процессов АО «Нижегородский завод дизельных двигателей».

В целях обоснования необходимости использования разработанных в настоящем диссертационном исследовании методик многоуровневой оптимизации

оргструктур бизнес-процессов машиностроительных предприятий региона был произведён анализ применимости и целевой значимости указанного комплекса методик при их апробации на АО «Нижегородский завод дизельных двигателей». Организационно-экономические недостатки:

- количество и номенклатура технологических бизнес-процессов на предприятии не оптимальна, что приводит к узкой специализации и сложности коммуникации при большом количестве сквозных технологических бизнес-процессов и снижении эффективности бизнес-процессного управления при их недостаточности. Указанный недостаток приводит к возникновению экономической неэффективности функционирования организационной структуры предприятия в целом;

- организационная структура предприятия подвержена дублированию функций и замедленной реакцией на организационные изменения, что в свою очередь приводит как к снижению экономической эффективности, так и к возникновению информационных петель.

Технико-экономические недостатки:

- контрольные операции в контрольно-испытательных постах в сквозном бизнес-процессе производятся после каждой технологической операции без учёта вероятности брака и общей трудоёмкости технологического процесса, что приводит к существенному повышению затрат на реализацию всей совокупности контрольных и технологических операций и сохранению показателей качества изделия;

- допуски на параметры деталей и сборочных единиц изделия двигатель не оптимальны с позиций ужесточения полей допусков, что приводит к существенному повышению трудоёмкости сборочных операций, так как отсутствует возможность применения методов селективной сборки для сохранения показателей качества изделия;

- технологические заделы по комплектующим коленчатый и распределительный вал практически не предусмотрены, что приводит к недостаточности их наличия на сборочных постах, что негативно влияет на

технологический процесс сборки двигателя и может привести к повышению длительности производственного цикла и такта;

– в системе автоматизированного управления производством (MES) не предусмотрена возможность коррекции организационной структуры предприятия данными оптимизации, что существенно занижает её возможности в аспекте наличия корректирующей обратной связи.

В соответствии с вышеизложенным предлагается:

1. Провести рационализации организационной структуры бизнес-процессов предприятия результаты представлены в таблице 20.

2. Произвести оптимизацию размещения контрольно-испытательных постов (КИП) по технологическому процессу сборки изделия.

3. Произвести оптимизацию допусков на параметры деталей коленчатый и распределительный вал изделия с целью организации селективной сборки.

4. Провести совершенствование системы автоматизированного управления производством (MES) предприятия в аспекте расширения её функциональных возможностей.

Таблица 20 – Матричная модель организационной структуры подразделений предприятия

Функции	Производственные процессы				
	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
g_1	0	W_{12}	0	W_{14}	W_{15}
g_2	0	W_{22}	W_{23}	0	0
g_3	W_{31}	W_{32}	0	W_{34}	W_{35}
g_4	W_{41}	W_{42}	0	0	0
g_5	0	0	0	W_{54}	W_{55}

В (таблице 20) введены следующие обозначения:

g_1 – интегрированная функция вида-1 во всех подпроцессах;

g_2 – интегрированная функция вида-2 во всех подпроцессах;

g_3 – интегрированная функция вида-3 во всех подпроцессах;

g_4 – интегрированная функция вида-4 во всех подпроцессах;

g_5 – интегрированная функция вида-5 во всех подпроцессах;

W – затраты на исполнение функций в подпроцессах (подразделениях). Данное обозначение выполняет следующие действия и соответствующая форма записи:

$W = (1)$ - исполнение функции (i) в подразделении (j) с затратами (W);

$W = (0)$ - функция не исполняется.

Для вычисления мер близости между любыми парами функций всего функционального набора в оргструктуре подразделений предприятия используется функционал Танимото-Роджерса, установленный в настоящем исследовании:

$$K(g_i, g_j) = \frac{\sum_{p=1}^m \frac{g_i^p g_j^p}{NG}}{\sum_{p=1}^m \frac{g_i^p}{NG} + \sum_{p=1}^m \frac{g_j^p}{NG} - \sum_{p=1}^m \frac{g_i^p g_j^p}{NG}}, \quad (21)$$

где:

NG – количество интегрированных функций в оргструктуре СМК. $NG=5$;

$P = \{j = 1 - 5\}$ – подразделения;

$q = \{i = 1 - 5\}$ – интегрированные функции;

$K(g_i, g_j)$ – значения коэффициентов близости пар сравниваемых функций всех сочетаний. При этом: $0 \leq K(g_i, g_j) \leq 1$. Экспериментально установленная допустимая мера близости в организационной структуре подразделений предприятия равняется 0,3. Условие объединения функций: если мера близости двух сравниваемых функций больше допустимой, то данные функции следует объединить (критерий близости) и назначить объединённую функцию в подразделение, в котором её исполнение менее затратно (критерий затрат). В случае производственной необходимости возможно исполнение объединённой функции в подразделении с большими затратами на исполнение функций.

Под интегрированной функцией понимается основное направление деятельности в подразделении с рядом сопутствующих ей функций.

Определение всей совокупности мер близости пар функций всей организационной структуры производится на примере фрагмента пары функций (g_1, g_2) , исполняемых в одном из подразделений.

Далее процедура определения близости функций подразделений предприятия осуществляется путём экстраполяции алгоритма приведённого примера на весь функциональный набор в оргструктуре подразделений предприятия. В таблице 21 представлены полный набор мер близостей, установленных на базе принципа дихотомии.

Таблица 21 – Полный набор мер близостей интегрированных функций подразделений предприятия

$K(g_1, g_2)$	$K(g_1, g_3)$	$K(g_1, g_4)$	$K(g_1, g_5)$	$K(g_2, g_3)$	—
0,25	0,75	0,5	0,66	0,2	—
$K(g_2, g_4)$	$K(g_2, g_5)$	$K(g_3, g_4)$	$K(g_3, g_5)$	$K(g_4, g_5)$	—
0,33	0,25	0,5	0,5	0	—

В таблице 22 приведены затраты на исполнение функций в функциональном наборе подразделений предприятия.

Таблица 22 – Затраты на исполнение функций оргструктуры подразделений предприятия (Авторская разработка)

Вид: p_j	Наименование функций	Наименование Подразделений p_j (Вид документа)	Затраты (час.)
p_1	g_1 - интегрированная функция вида-1. «Регистрация дефектов/отклонение в процессе производства. Акт о несоответствии. Журнал учета дефектов».	Управление качеством в процессе сборки и испытания двигателей (карты, инструкции, каталоги и т.п.)	14,2
1.1	Контрольная карта сборки и испытания двигателей	Контрольные карты	8,4
1.2	Инструкция контроля двигателей после ИС	Инструкции	12,2
1.3	Каталог возможных дефектов двигателя	Каталоги	10,6
1.4	Таблица учета дефектов производства	Таблицы	4,8
1.5	Зона ремонта	Зоны	2,4

1.6	Решение проблем по качеству на производстве	Мероприятия	6,1
p_2	g_2 - интегрированная функция вида-2. «Входной контроль».	Управление качеством компонентов. (Карта согласований, бланки и т.п.)	9,8
2,1	Бланк входного контроля, параметры контроля, выборка	Бланки	4,2
2,2	Одобрение поступивших компонентов, учет результатов входного контроля	Учётные карты	3,8
2,3	Оценка поставщиков	Оценочная ведомость	2,4
p_3	g_3 - интегрированная функция вида-3. «Проверка на координатно-измерительной машине».	Контроль качества продукции	14,6
3.1	Обучение процессу контроля на КИМ	Методика. Сертификат	23,5
3.2	Настройка КИМ и разработка управляющих программ	Комплекс программ	18,2
3.3	Методика проведения контроля компонентов	Методика	12,4
3.4	Проверка остаточного загрязнения деталей	Отчёт	3,6
3.5	Обучение процессу контроля в комнате чистоты	Программа	-
3.6	Настройка оборудования и ПО	Руководство. Программное обеспечение	16,4
3.7	Методика проведения контроля компонентов	Методика	5,6
3.8	QCOS (quality control operation system) -контроль моментов затяжки резьбовых соединений	Карта моментов. Затяжки элементов	4,8
3.9	Методика проведения QCOS	Методика	6,2
3.10	Обеспечение необходимым оборудованием и инструментом	Ведомость	10,8
3.11	Обучение и аттестация специалистов QCOS	Методика	6,8
3.12	Аудит глазами клиента	Карта входного аудита	4,8
3,13	Аудит продукта	Карта выходного аудита	5,2
3.14	Метрология	Сертификация	12,1

3.15	Перечень СИ (средства измерения)	Ведомость	4,6
3.15	Регламента проверки и калибровки СИ	Регламентная карта	5,3
3.16	Валидация всех СИ	Верификационный лист	7,4
p_4	g_4 - интегрированная функция вида-4. «Система нормативной документации СМК»	СМК РАР (product part approval process).	22,7
4.1	Пакет документов РРАР согласно утвержденному плану	Пакет	16,8
4.2	Согласование РРАР клиентом	Свидетельство согласований	4,2
4.3	Руководство по качеству средств безопасности	Методика по качеству	11,6
4.4	Структура документации подразделения	Системный анализ	6,8
4.5	Базовые локальные инструкции подразделения	Инструкция	4,8
4.6	Анализ и развитие подразделения	Научный отчет	6,8
p_5	g_5 - интегрированная функция вида-5. «Взаимодействие с клиентом».	Методика	12,4
5.1	Работа с рекламациями	Рекламационная ведомость	6,5
5.2	Инструкция по управлению претензиями от качества от клиента	Инструкция	4,2
5.3	Инструкция по управлению гарантийными случаями	Инструкция	4,2
Итого	Совокупность функций в функциональном наборе оргструктуры подразделения	Совокупность видов документационного обеспечения	Сумма затрат 397час

В результате оптимизации организационной структуры подразделений предприятия произведены следующие действия:

1. Функции (g_1, g_2).

Коэффициент близости 0,25.

Вывод 1. Интегрированные функции вида (g_1, g_2) в паре объединению не подлежат и исполняются в соответствующих подразделениях как самостоятельные виды деятельности со своим функционалом. (Таблица 23, функции 1.1-1,6 и 2.1-2,3).

2. Функции (g_2, g_3).

Коэффициент близости 0,2.

Вывод 2. Интегрированные функции вида (g_2, g_3) в паре объединению не подлежат и исполняются в соответствующих подразделениях как самостоятельные виды деятельности со своим функционалом. (Таблица 23, функции 2.1-2,3 и 3.1-3,6).

3. Функции (g_2, g_5) .

Коэффициент близости 0,25.

Вывод 3. Интегрированные функции вида (g_2, g_5) в паре объединению не подлежат и исполняются в соответствующих подразделениях как самостоятельные виды деятельности со своим функционалом. Функции (g_4, g_5) . Коэффициент близости 0.

Вывод 4. Интегрированные функции вида (g_4, g_5) в паре объединению не подлежат и являются абсолютно самостоятельными функции, исполняемыми в подразделениях P_4 и P_5 соответственно.

6. Функции:

– (g_1, g_3) . Коэффициент близости 0,75;

– (g_1, g_4) . Коэффициент близости 0,5;

– (g_4, g_5) . Коэффициент близости 0,66;

– (g_3, g_4) . Коэффициент близости 0,5;

– (g_3, g_5) . Коэффициент близости 0,5.

Приведённые интегрированные функции подлежат объединению с уже объединёнными ранее функциями по критерию затрат и производственной целесообразности. Данная авторская разработка показана в таблице 23.

Таблица 23 – Распределение функций по подразделениям после
оптимизации организационной структуры (Авторская разработка)

Вид. (Пункты)	Объединённая функция	p_j	Самостоятельная Функция		Эффект оптимизации В %
	1		2		3
G1 (1)	Управление качеством на этапе подготовки производства и контроля. Функции: 1.1-1.6 (g_1); 3.1-3.2(g_3)	p_1	Входной контроль комплектующих: деталей, узлов и агрегатов	p_2	8%
G2 (2)	Управление качеством на этапе реализации производственной документации и метрологии. Функции: 3.7-3.16 (g_3); 4.4-4.7 (g_4)	p_3	Взаимодействие с клиентом. Функции: 2.1-2.3	p_5	12%
G3 (3)	Управление качеством на Этапе производства. Функции: 3.3-3.6 (g_3); 4.1-4.3 (g_4)	p_4	—		14%
Итоговые показатели пункты 1,2,3	Варианты закрепления объединённых функций		Варианты закрепления самостоятельных функций		Уменьшение совокупных затрат 34%

Расчёт эффективности оптимизации организационной структуры бизнес-процессов предприятия.

Количество функций в организационной структуре бизнес-процессов завода дизельных двигателей до оптимизации: $\Phi_1 = 40$.

Затраты на исполнение функций до оптимизации $\sum Z_1 = 342,2$ н/час.

Таблица 24 – Организационная структура предприятия до внедрения

Объединенные функции	Подразделения				
	Сборочное производство	Бюро качества компонентов	Технолог. отдел	Конструктор. отдел	Бюро по работе с рекламациями
Испытания g_1	58,7	0	0	0	0
Входной контроль g_2	0	11,1	0	0	0
Контроль качества g_3	0	0	172,3	0	0
Контроль документации g_4	0	0	0	83,7	0
Рекламации g_5	0	0	0	0	16,4

Количество функций в организационной структуре бизнес-процессов завода дизельных двигателей после оптимизации: $\Phi_2=30$.

Затраты на исполнение функций после оптимизации $\sum Z_2 = 207,2$ н/час.

Экономическая эффективность оптимизации формируется за счёт снижения затрат на исполнение функций в оргструктуре предприятия. Капиталовложения при осуществлении оптимизации не учитываются.

Таблица 25 – Организационная структура предприятия после внедрения

Сгруппированные функции	Подразделения				
	Сборочное производство	Бюро качества компонентов	Технолог. отдел	Конструктор. отдел	Бюро по работе с Рекламациями
G1 (1)	47,7	0	0	0	0
G2 (2)	0	0	86,2	0	0
G3 (3)	0	0	0	45,8	0
G4 (4)	0	11,1	0	0	0
G2 (5)	0	0	0	0	16,4

Экономическая эффективность рационализации формируется за счёт снижения затрат на исполнение функций в оргструктуре подразделений предприятия (Подтверждается актом внедрения). Капиталовложения не учитываются.

Расчёт годового экономического эффекта произведён по формуле 22, согласованной с планово-экономическим отделом завода в соответствии с калькуляцией затрат при объёме выпуска продукции $N=6000$ ед. двигателей за период 2025 года. Использование методики подтверждается актом внедрения.

$$\mathcal{E} = [(Z_1 - EK_1) - (Z_2 - EK_2)] nKS, \quad (22)$$

где:

Z_1, Z_2 – затраты до и после рационализации;

E – коэффициент нормативной эффективности капиталовложений;

K_1, K_2 – капиталовложения до и после рационализации (в расчете не учитываются);

n – объём партии (100 ед.);

K – количество запусков партий ($K=60$);

S – тариф по зарплате персонала при исполнении функций в оргструктуре $S = 500$ руб.

$$\mathcal{E} = (342,2 - 207,2) * 100 * 60 * 500 = 4005000000 \text{ руб.}$$

$\mathcal{E}$ – годовой экономический эффект составляет 405000 тыс. руб.

Анализ финансовых результатов до и после рационализации плана деятельности организации показал, что от уровня развития ресурсного потенциала зависит рост ее рентабельности. Во всех рассматриваемых временных интервалах при принятии предложенной программы выпуска двигателей возможно увеличение среднего размера заработной платы, объемов производства, прибыли, рентабельности.

В данном разделе представлена апробация методики рационализации организационной структуры бизнес-процессов АО «Нижегородского завода дизельных двигателей» на институциональном уровне.

Краткий анализ деятельности АО «Нижегородский завод дизельных двигателей» выявил ряд системных недостатков в существующей организационной структуре управления бизнес- процессами. Ключевыми проблемами, снижающими эффективность функционирования предприятия, стали:

1. Дублирование функций. Наличие избыточных операций, выполняемых параллельно разными подразделениями без чёткого разграничения ответственности.
2. Информационные петли. Возникновение замкнутых циклов обмена данными, приводящих к задержкам в принятии управленческих решений и искажению текущей информации.
3. Неоптимальность распределения функций. Несоответствие закреплённых полномочий реальным потребностям бизнес-процессов, что препятствует достижению синергетического эффекта.

Для устранения выявленных дефектов был применён разработанный алгоритм совершенствования оргструктуры, основанный на предварительной функциональной дихотомии и последующей рационализации по двум ключевым критериям: критерию близости функций и экономическому критерию.

3.2. Результаты внедрения методики рационализации технического сегмента бизнес-процессов в АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ»

Расчёт эффективности рационализации организационной структуры технического сегмента бизнес-процессов инженерного центра предприятия.

Начальным этапом производственной рационализации является оптимизация размещения контрольных операций по технологическому процессу. В таблице 26 представлены затраты (трудоемкости) на осуществление процесса сборки силового агрегата грузового автомобиля.

Таблица 26 – Трудоёмкость технологического процесса сборки силового агрегата
(Авторская разработка)

№	Наименование технологических операций	Затраты чел-час	Наименование контрольных операций	Затраты нормо-час
1.	Монтаж вкладышей коленчатого вала	0,1	Контроль зазора узла	0,4
2.	Монтаж коленчатого вала	0,9	Контроль осевого перемещения	0,2
3.	Монтаж поршневой группы	1,9	Контроль выступания поршня	0,4
4.	1 интегральная ТО. Шатунно-поршневая группа (Т1)	0,1 $\Sigma 3$	Контроль герметичности соединения (К1)	1,0 $\Sigma = 2,0$
5.	Монтаж манжет в узле картер	0, 4	Контроль герметичности соединения	0,2
6.	Монтаж манжет клапанов	0,3	Контроль зазора соединения	0,3
7.	Монтаж клапанов	0,9	Контроль герметичности	0,3
8.	Монтаж шайбы, пружины клапана, тарелки пружины клапана	0,1	Визуальный осмотр	0,1
9.	Монтаж сухаря клапана Клапанная группа. 2 интегральная ТО (Т2)	0, 3 $\Sigma = 2$	Контроль герметичности Соединения (К2)	0,1 $\Sigma = 1,0$
10.	Монтаж головки цилиндров	1,12	Контроль привалочной плоскости	1,3
11.	Монтаж распределительного вала	0,52	Контроль биений в узле	0,7
12.	Монтаж крышки головки цилиндров Группа сборки цилиндров. 3 интегральная ТО (Т3)	0,46 $\Sigma = 2$	Контроль герметичности Соединения (К3)	1,0 $\Sigma = 3,0$
13.	Монтаж топливных форсунок	0,4	Контроль герметичности соединений	0,4
14.	Монтаж топливной рамп	0,2	Визуальный осмотр	0,1
15.	Монтаж топливного насоса	0,2	Контроль герметичности соединения	0,1
16.	Монтаж топливного фильтра Топливная группа. 4 интегральная ТО (Т4)	0,2 $\Sigma 1$	Контроль герметичности Соединения (К4)	0,4 $\Sigma 1,0$
17.	Подготовка двигателя к сдаче	1,5	Контроль герметичности систем	0,6
18.	Монтаж жгута управления двигателем. Приёмо-сдаточная группа 5 интегральная ТО (Т5)	0,5 $\Sigma = 2$	Визуальный контроль Выходной контроль по результатам испытания (К5)	0,4 $\Sigma 1,0$
Σ	Итого по технологическим операциям	$\Sigma \Sigma = 10$	Итого по операциям Технического контроля	$\Sigma \Sigma 8$

В настоящем диссертационном исследовании приведено теоретическое обоснование рационализации размещения операций технического контроля по критериям вероятности брака и общей (суммарной) трудоёмкости.

Фрагмент оптимизационной процедуры представлен на примере высокотехнологичного предприятия г. Нижнего Новгорода АО «Нижегородские грузовые автомобили группы ГАЗ», где в формате настоящего исследования была внедрена методика оптимизации размещения операций технического контроля по технологическому процессу сборки автомобиля по качественному критерию (вероятность брака) и экономическому критерию (суммарные затраты на технологические и контрольные операции).

Первый этап. Рационализация осуществляется по целевой функции с ограничениями по браку и суммарных затрат на основе итеративного способа перебора вариантов по формуле (11).

Второй этап. Реализация оптимизационной процедуры на базе метода линейного программирования. Результаты апробации инновационного способа размещения КИП по технологическому процессу на АО «НГА» представлены в таблице 27.

В методике представлена оптимизация размещения контрольных операций, рассмотренных в формате контрольно-испытательных постов (КИП), по технологическому процессу сборки автомобиля по качественному критерию (вероятность брака) и экономическому критерию (суммарные затраты на технологические и контрольно-испытательные операции).

Таблица 27 – Числовые значения параметров технологического процесса

Технологические операции T_1^n (чел. час)	Контрольные операции K_1^n (чел. час)	Затраты на обработку бракованных деталей (по итерациям- вариантам) Π_k (чел. час)		V_j Вероятность брака
$T_1 = (3)$	$K_1 = (2)$	$\Pi_1 = (0)$	В техпроцессе все КО	0,1
$T_2 = (2)$	$K_2 = (1)$	$\Pi_2 = (0,8)$	В техпроцессе участвует одна КО K_5	0,1
$T_3 = (2)$	$K_3 = (3)$	$\Pi_3 = (0,7)$	В техпроцессе участвует две КО K_4, K_5	0,1

$T_4 = (1)$	$K_4 = (1)$	$\Pi_4 = 0,5$	В техпроцессе участвуют три КО K_3, K_4, K_5	0,1
$T_5 = (2)$	$K_5 = (1)$	$\Pi_5 = (0,3$	В техпроцессе участвуют четыре КО K_2, K_3, K_4, K_5	0,1
$T_{\Sigma} = 10$	$K_{\Sigma} = 8$	Затраты варьируются в зависимости от варианта		V_j const

Далее приведены следующие числовые данные:

T_1^n – трудоёмкость технологических операций от 1,..., n, т.е. (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5).

K_1^m – трудоёмкость контрольно-испытательных операций от 1,...,m, ($m=n$)

Π_K – затраты на обработку уже бракованных операций (деталей), но остающихся в технологическом процессе, т.к. контроль их не производится.

$$\Pi_k = \sum T_k \cdot V \quad (23)$$

где:

Π_1 – первая итерация заключается в том, что в технологическом процессе участвуют все контрольные операции. При этом $\Pi_1 = 0$;

Π_2 – вторая итерация заключается в том, что в технологическом процесс участвует только одна контрольная операция K_5 . $\Pi_2 = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) \cdot V$.

$\Pi_2 = (3 + 2 + 2 + 1) \cdot 0,1 = 0,8$;

Π_3 – третья итерация заключается в том, что в технологическом процессе участвуют две контрольные операции K_4 и K_5 . $\Pi_3 = (T_1 + T_2 + T_3) \cdot V$.

$\Pi_3 = (3 + 2 + 2) \cdot 0,1 = 0,7$;

Π_4 – четвёртая итерация заключается в том, что в технологическом процессе участвуют три операции K_3, K_4, K_5 . $\Pi_4 = (T_1 + T_2) \cdot V$. $\Pi_4 = (3 + 2) \cdot 0,1 = 0,5$;

Π_5 – в пятой итерации в технологическом процессе участвуют четыре контрольные операции K_2, K_3, K_4, K_5 . $\Pi_4 = T_1 \cdot V$. $\Pi_4 = (3) \cdot 0,1 = 0,3$.

Расчёт суммарных затрат.

Расчёт суммарных затрат на реализацию технологических и контрольно-испытательных операций произведён по формуле 4.

Основные параметры расчётных характеристик суммарных затрат представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Числовые значения параметров технологического процесса

Варианты размещения технологических операций и контрольно-испытательных постов (КИП) по технологическому процессу	Суммарные затраты $C_{\Sigma i}$ (чел. час)
В технологическом процессе участвуют все КИП. Вариант сплошного контроля	$C_{\Sigma 1}$ 18,0
В технологическом процессе участвует один КИП после последней технологической операции (T_5)	$C_{\Sigma 2}$ 11,8
В технологическом процессе участвует два КИП после двух последних технологических операций	$C_{\Sigma 3}$ 12,8
В технологическом процессе участвует три КИП после последней технологической операции	$C_{\Sigma 4}$ 15,8
В технологическом процессе участвует четыре КИП после последней технологической операции	$C_{\Sigma 5}$ 16,3

В исследовании предложены варианты размещения:

1. Вариант сплошного контроля не подходит в связи с максимально высокими затратами на исполнение контрольно-испытательных операций.
2. Вариант выборочного контроля (КИП – после последней технологической операции - выходной контроль) не подходит, по причине высокого уровня брака, установленного экспериментально в связи с отсутствием всех промежуточных контрольно-испытательных операций (K_1, K_2, K_3, K_4).
3. Оптимальным вариантом является выборочный контроль с размещением КИП после двух последних технологических операций с суммарными затратами ($C_{\Sigma 3}$ 12,8 чел. час).

На рисунках 28,29 представлена графическая интерпретация результатов оптимизации размещения КИП по технологическому процессу.

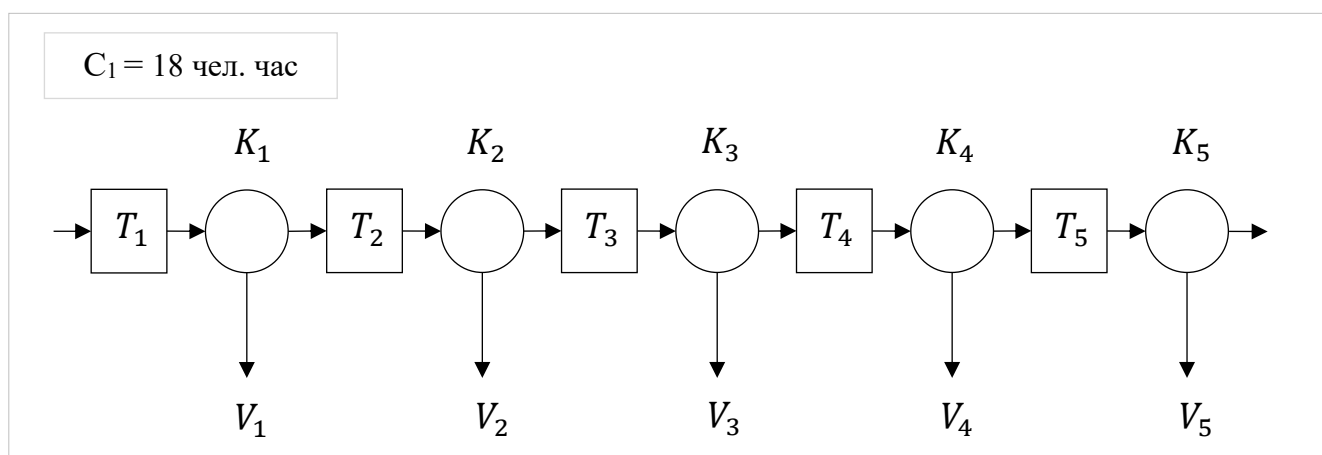


Рисунок 28 – Графическая интерпретация результатов оптимизации. Вариант №1

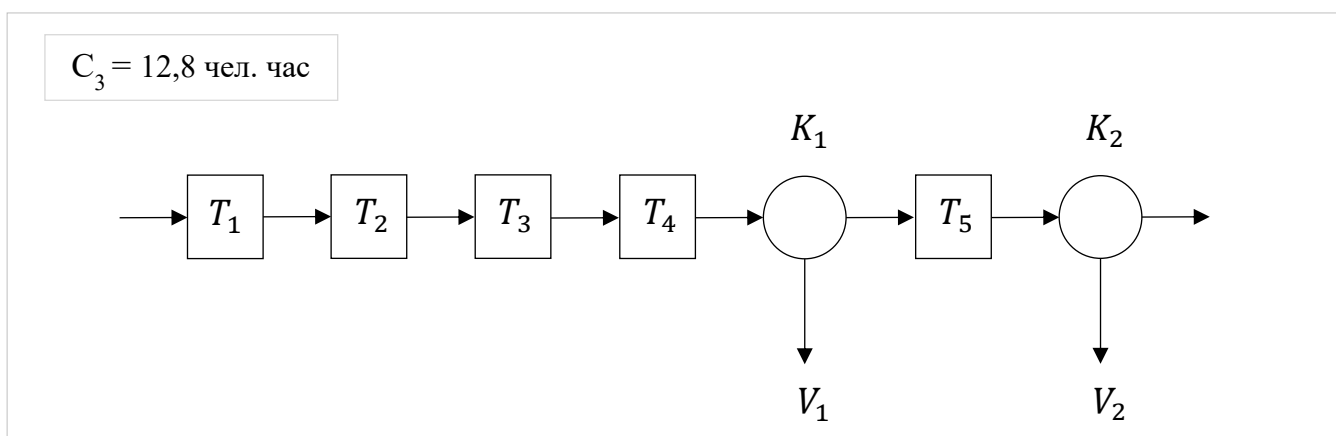


Рисунок 29 – Графическая интерпретация результатов оптимизации. Вариант №3

Экономическая эффективность оптимизации формируется за счёт снижения затрат на исполнение технологических и контрольно-испытательных функций, исполняемых в КИП. Капиталовложения при осуществлении оптимизации не учитываются. В результате оптимизации суммарные затраты уменьшились в связи с уменьшением количества контрольно-испытательных операций.

Расчёт годового экономического эффекта произведён по формуле, согласованной с планово-экономическим отделом завода в соответствии с калькуляцией затрат при объёме выпуска продукции $N = 10000$ ед. грузовых автомобилей за период 2025 года. (Подтверждается Актом внедрения).

$$\mathcal{E} = [(C_1 - EK_1) - (C_2 - EK_2)] N \quad (24)$$

где:

K_1, K_2 - капиталовложения вариантов с постоянной нормативной эффективностью. Данный компонент учитывается при расчёте NPV.

E – коэффициент нормативной эффективности капиталовложений (0,14 для машиностроения);

C_1 – 18 чел. час;

C_2 – 12,8 чел. час;

Ξ – 234000 чел. час;

N – объём выпуска годовой программы;

T – стоимость чел. час в руб. (500 руб.);

$\Xi_{ГЭ} = \Xi T$;

Суммарный годовой эффект $\Xi_{ГЭ} = 52000 * 500 = 26000$ тыс. руб.

В ходе апробации разработанной методики «совершенствование организационной структуры бизнес-процессов технического сегмента» АО «НГА» получены следующие результаты:

1. Выявлена неэффективность существующей системы технического контроля. Анализ действующего технологического процесса сборки силового агрегата показал, что существующая практика установки контрольно-испытательного поста после каждой технологической операции, регламентируемая нормативной документацией (ГОСТ Р 15.301-2016), является экономически избыточной. Затраты на содержание контрольно-измерительных постов (КИП) зачастую превышают стоимость самих технологических операций, при этом такой подход не гарантирует полного исключения брака из-за вероятностной природы дефектов.

2. Разработан инструмент рационализации, базирующийся на трёхфакторной экономико-математической модели, которая в отличие от традиционных двухфакторных моделей учитывает:

- затраты на выполнение технологических операций, которая в данном технологическом процессе имеет постоянную структуру;
- затраты на проведение контрольных операций (обслуживание, регламентные работы и зарплата технологов-контролёров);

- риски и затраты на обработку брака, пропущенного вследствие отсутствия контроля на определённых технологических операциях и с учётом вероятности брака.

Такой подход позволяет найти баланс между качеством продукции и себестоимости производства.

3.3 Совершенствование организационно-технологического взаимодействия при рационализации системы допусков на предприятии ООО «НижПромРазвитие»

Общество с ограниченной ответственностью «НижПромРазвитие» относится к высокотехнологичным предприятиям Нижегородского региона, свою деятельность исчисляет с начала 2000-годов. Взаимодействует с ПАО «Гидромаш», с Группой компаний «ГАЗ», с ООО «АвтоИнвест» и др.

Осуществляет следующие виды деятельности:

- ремонт машин и оборудования для машиностроения;
- монтаж машин и оборудования для машиностроения;
- торговля оптовая станками для обработки прочих материалов;
- торговля оптовая металлообрабатывающими станками.

Обоснование необходимости рационализации.

Узел «распределительный вал – корпус распределительного вала» двигателя является одним из важнейших сборочных единиц в линии сборки двигателя и послесборочной линии (post-assembling line). Как показала практика сборки узла на этапе единичных пробных запусков бизнес-процесса сборки двигателя, указанный узел является «критичным» с позиции несоответствия его выходного параметра «величина биения» и зачастую в послесборочной линии двигатель снимается с испытания именно по указанному параметру.

Детали узла «распределительный вал и корпус распределительного вала» двигателя поставляются поставщиком КНР в достаточно широком разбросе параметров деталей, входящих в узел. Практика сборки узла при пробных запусках

единичных партий показала высокий уровень несоответствия выходного параметра узла – величина радиального биения процессе сборки.

С целью исключения приведённой негативной технологической ситуации в настоящем диссертационном исследовании предложен алгоритм рационализации системы допускового контроля узла «распределительный вал – корпус распределительного вала», разработанный и сформированный на базе физической имитационной модели (симулятора) и развитого математического аппарата линейного программирования с возможностью автоматизации и визуализации результатов рационализации в системе автоматизированного управления производством MES.

Апробация методики допускового контроля. Предприятие машиностроения ООО «НижПромРазвитие». Результаты апробации методики представлены в таблицах 29,30.

Таблица 29 – Виды затрат на изготовление детали «Распределительный вал»
до внедрения

Виды затрат на изготовление детали «Распределительный вал» Объём выпуска в месяц 100 ед. до рационализации			
Технологическое оборудование. Модель. Количество. Затраты	Материалы. Количество. Затраты	Персонал. Разряд	Заработная плата с начислениями
Станок с ЧПУ модель NCDL5GH Стоимость 4194297 руб. Количество единиц на технологическую линию – 2ед. 8388594 руб. Шлифовальный станок M1420. Стоимость 1885405 руб. Количество – 1 ед.	Высоколегированная сталь 40KXHM Стоимость партии 100 прутков 594000 руб. Количество – 10 партий	Токарь – 6 разряд Количество – 3 чел. Шлифовщик – 5 разряд Количество – 2 чел.	Токарь $50400 \cdot 3 = 151200$ руб. $58800 \cdot 2 = 117000$ руб.
Затраты $Z_{1до}$ 10273999 руб.	Затраты $Z_{2до}$ 5940000 руб.	Кол-во персонала – 5 чел.	Затраты $Z_{3до}$ 268200 руб.

Таблица 30 – Виды затрат на изготовление детали «Распределительный вал»
после внедрения

Виды затрат на изготовление детали «Распределительный вал» на партию 100 единиц/месяц. После рационализации			
Технологическое оборудование. Модель Количество. Затраты	Материалы. Количество. Затраты	Персонал. Разряд. Затраты	Заработная плата с начислениями
Станок с ЧПУ модель 16A20Ф3 Стоимость 2020000р. Количество единиц на технологическую линию – 2 ед. Стоимость 4040000 руб. Шлифовальный станок M1320 Стоимость 1608841 руб. Количество – 1 ед.	Среднеуглеродистая конструкционная сталь СТ45 Стоимость партии 100 прутков 320000 руб. Количество – 10 партий	Токарь – 5 разряд Количество – 3 чел. Шлифовщик – 5 разряд Количество – 2 чел.	Токарь 42000 *3=126000 руб. 58800*2=117600 руб.
Затраты $Z_{1\text{пос}}$ 5648841 руб.	Затраты $Z_{2\text{пос}}$ 3200000 руб.	Кол-во персонала – 5 чел.	Затраты $Z_{3\text{пос}}$ 243000 руб.

Расчёт годового экономического эффекта осуществляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ГЭ} = [\sum Z_1 - \sum Z_2] = 16\,482\,199 \text{ руб.} - 9\,091\,841 \text{ руб.} = 7\,390\,358 \text{ руб.}$$

В настоящем диссертационном исследовании предложена методика рационализации системы допускового контроля на примере узла «распределительный вал – корпус распределительного вала», разработанная и сформированная на базе физической, симуляционной модели.

Сущность моделирования заключается в следующем:

– на испытательном стенде формируется физическая модель узла «распределительный вал – корпус распределительного вала» из эталонных деталей (распределительный вал с параметрами $\varnothing 25f9$ и деталь корпус с параметрами $\varnothing 25H7$, образуя посадку $\varnothing 25H7/f9$ по ТУ (категория точные подшипники). При этом делается предположение о завышенной точности деталей узла.

Сущность процедуры трансформации системы допускового контроля.

1. Производится замер выходного параметра узла. Допустимое значение выходного значения – радиальное биение узла с параметром $R = 21 \mu\text{м}$;
2. Осуществление совокупность итераций с заменой детали «распределительный вал» с различными уровнями допусками ниже по сравнению с допуском эталонной

детали «распределительный вал» и с эталонным корпусом с ограничениями по точности, вероятности брака и затратами на изготовление узла;

3. Операция рационализации считается завершённой при выборе оптимального уровня допуска на деталь «распределительный вал» с уровнем допуска, ниже назначенного по ТУ.

Примечание: при необходимости совокупность опций повторяется с эталоном «корпус».

Алгоритм оптимизационной процедуры представлен в таблице 31 на базе физической имитационной модели.

Таблица 31 – Физическая модель оптимизации допусков на параметры узла

№ итерации	Описание операции в физической модели узла «распределительный вал-корпус»	Экспериментальные и эталонные параметры деталей узла
	Физическая модель с значениями выходного параметра узла «вал-корпус» по параметру «R-биение сопрягаемых деталей». Задача: последовательная замена «эталонного вала» «испытуемым» из технологического задела до получения результата, при котором испытуемый вал шире по допуску, а выходной параметр - номинал	R=21мкм. «Эталонный вал» 9 квалитет точности Ø 25f9. Вероятность брака V=0,01 (при допуске на радиальное биение R=21мкм): выходной параметр узла распрдвал-корпус (номинал)
Итерация 1	Замена вала №1 из приготовленных к испытанию в технологическом заделе с исключением «эталонного вала»	вал f7 R=25мкм. Узел брак
Итерация2	Замена вала №2 из приготовленных к испытанию в технологическом заделе с исключением «эталонного вала»	Вал e8 R=30мкм. Узел брак
Итерация3	Замена вала №3 из приготовленных к испытанию в технологическом заделе с исключением «эталонного вала»	Вал f8 R=25мкм Узел брак
Итерация4	Замена вала из приготовленных к испытанию в технологическом заделе с исключением «эталонного вала»	Вал h8 R=20мкм Узел годен

В таблице 32 представлена совокупность технологических операций детали «распределительный вал» с уровнями допусков.

Таблица 32 – совокупность технологических операций детали
«распределительный вал» с уровнями допусков

№ технологической операции детали «распределительный вал». Процедура оптимизации производится с ограничениями по точности, затратам и надёжности.	Уровень допусков параметров технологической операции детали (кавалитет точности) до оптимизации	Уровень допусков параметров технологической операции детали (кавалитет точности) после оптимизации
1 (токарная)	4	5
2 (токарная)	5	6
3 (шлифовальная)	7-8	9

В результате рационализации допусков на параметры изделия существенно понижены квалитеты точности, что позволяет перейти на более дешевое технологическое оборудование. В итоге, внедрение разработанного комплекса взаимосвязанных методик рационализации создает возможность оперативного формирования экономически эффективной, оптимальной организационной структуры бизнес-процессов предприятия (и, тем самым, ее совершенствование на всех этапах производства) последовательно на всех трех уровнях: на уровне предприятия, на уровне подразделения, на уровне контрольной операции, что, в свою очередь, создает предпосылки для перехода к гибким оргструктурам подсистем предприятия и повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятия. В основу методов рационализации положены экономические критерии, связанные со степенью достижения заданных уровней показателей качества выпускаемой продукции и объёмов производства.

В диссертационном исследовании разработана методика рационализации оргструктуры бизнес-процессов институционального уровня предприятий на основе двойного критерия: минимизации расстояния между взаимодействующими функциями и оптимизации экономических затрат, на основе классификационного подхода и метода автоматической классификации. При этом базовая идея рационализации и принцип ликвидации дублирования распространяются на последующие уровни.

Практическими исследованиями установлено, что система допускового контроля, установленная нормативной документации (государственными стандартами 2009-2010 гг.) в определённой степени архаична, без учёта инновационных решений в области механической обработки на высокотехнологичных линиях с применением MES-систем. При этом уровни полей допусков на параметры изделий являются излишне узкими с квалитетами точности 5-6 класса, что требует дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала.

В диссертационном исследовании разработана методика трансформации допускового контроля на технологическом уровне оргструктуры бизнес-процессов предприятия, обеспечивающая снижения себестоимости за счёт расширения поля допуска соответственно до 6-8 квалитета, при сохранении требуемой надёжности изделия и перехода на отечественное оборудование более низкого класса точности.

Экспериментально подтверждено, что внедрение указанной методики позволило сократить затраты на реализацию допускового контроля в процессе изготовления изделия «корпус-вал» на предприятии ООО «НижПромРазвитие» на 10-14%

Выводы по главе 3

1. С использованием метрики сходства Танимото-Роджерса был проведён количественный анализ близости 40 исходных функциональных элементов. На основе расчёта коэффициентов сходства функции были сгруппированы в кластеры. В результате первоначальные разрозненные функции были консолидированы в 30 укрупнённых функциональных групп. Данный шаг позволил устранить дублирование и подготовить базу для интеграции и совершенствования процессов и формирования сквозного бизнес-процесса.
2. Полученные 30 функциональных групп были распределены по подразделениям предприятия с применением метода ветвей и границ и способа автоматической классификации. Рационализация проводилась по экономическому критерию, целью которого явилось минимизация транзакционных издержек и максимизация эффективности взаимодействия. В результате данного этапа было осуществлено

формирование интегрированных функций, обеспечивающих сквозное управление бизнес- процессами. Перераспределение полномочий позволило достичь эффекта синергии за счёт объединения смежных видов деятельности в единые центры ответственности.

3. Подтверждена эффективность двухэтапной процедуры рационализации. На первом этапе методом итеративного перебора вариантов определена оптимальная конфигурация размещения КИП по технологическому процессу, минимизирующая суммарные затраты вида ($C_{\Sigma i}$) при соблюдении допустимого уровня брака. На втором этапе полученные оптимальные параметра технологического бизнес-процесса внедрены в MES-систему предприятия с использованием методов линейного программирования, что обеспечило практическую реализуемость рекомендаций.

4. Обоснована необходимость интеграции цифровых инструментов в процесс нормирования точности. Выявленные технологические и алгоритмические разрывы между САПР и MES-системами предприятия препятствовали созданию единого информационного контура. Предложенный комплексный метод рационализации позволил устранить эти противоречия за счёт внедрения алгоритмов автоматизированного расчёта допусков, основанных на применении физических имитационных моделей и экономико-математических моделей линейного программирования.

5. Доказана эффективность перехода на отечественные стандарты, материалы и оборудование. Практическая реализация методики подтвердила возможность замены зарубежных стандартов и оборудования на отечественные аналоги без ухудшения качественных характеристик продукции, что обеспечило повышение показателей импортозамещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы и результаты исследования заключаются в следующем:

В условиях макроэкономической нестабильности начала 2026 года, характеризующейся замедлением темпа роста экономики РФ до 1,8% и критическим снижением показателей в обрабатывающей промышленности, тема исследования приобретает особую значимость. В исследовании обоснованно указано на исчерпанность экстенсивных путей повышения эффективности хозяйственной деятельности промышленных предприятий и необходимость мобилизации внутренних резервов через многоуровневую рационализацию организацию организационных структур бизнес-процессов.

1. Ключевой научной новизной подхода является отказ от традиционного рассмотрения совершенствования производства на стратегическом, тактическом и операционном уровнях в пользу в более адекватной современным реалиям модели, предусматривающей осуществление рационализации оргструктуры бизнес-процессов на институциональном, техническом и технологическом уровнях. Такой подход позволяет адресно воздействовать на источники неэффективности, связывая архитектуру бизнес-процессов с технологическим укладом Индустрии 5.0.

2. Решены фундаментальные проблемы идентификации и оценки оргструктур:

- концептуализация. Организационная структура бизнес-процессов определена как динамическая «архитектура», что позволяет учитывать горизонтальные связи и потоки данных в отличие от статических, штатных организационных структур;
- связь с технологическими укладами. Доказана зависимости эффективности типа оргструктур от доминирующего технологического уклада предприятия. Это создаёт базу для адаптивного управления;
- модернизация модели И. Адизеса. Предложена количественная интерпретация точек перехода жизненного цикла промышленного предприятия. Внедрение вероятностных характеристик позволило интегрировать прогноз вида необходимой рационализации непосредственно в MES-систему, формируя модулирующие

сигналы для управления производством. Это существенно сокращает временной лаг между выявлением проблемы и принятием управленческого решения;

- диагностика несоответствий. Выявлено, что главным источником неэффективности является рассогласования типа оргструктуры и требованиям процессного подхода. Разработанная методика интегральной оценки эффективности оргструктуры позволяет количественно измерить этот разрыв.

3. Кластеризация по функциональной близости осуществлена на основе классификационного подхода с использованием метрики Танимото-Роджерса как критерия дублирования, отличительной особенностью которой является принцип функциональной дихотомии и двухкритериальный, итерационный подход: по критерию дублирования функций и по экономическому критерию. Произведена рационализация оргструктуры с применением метода ветвей и границ в системе автоматической классификации.

4. В целях рационализации решена задача оптимального размещения контрольно-испытательных постов по технологическому процессу. Новизной методики является следующий подход: рационализация оргструктуры бизнес-процессов предприятия на уровне технического сегмента реализуется на основе экономико-математической модели совместно с методом целочисленного линейного программирования. При этом учитываются затраты на технологические операции, затраты на контроль и затраты на обработку дефектов, прошедших незамеченными в результате отсутствия КИП. В результате рационализации оргструктуры на техническом уровне, осуществлённой в MES-системе предприятия, получен результат в виде снижения технологической трудоёмкости при гарантированном сохранении качества продукции.

5. В целях рационализации оргструктуры бизнес-процессов предложен метод расширения полей допусков на параметры изделия, реализованный на основе синергии численного линейного программирования и физического имитационного моделирования. Разработан алгоритм взаимодействия системы расчёта допусков и MES-системы через коммутирующие цифровые двойники, обеспечивающий передачу оптимизированных параметров в реальном времени.

Переход от эмпирического назначения допусков к математически обоснованному расчёту позволил существенно увеличить номер качества точности изделия, что позволило:

- осуществить замену зарубежных стандартов и оборудования на отечественные аналоги без потери качества, что увеличивает импортозамещение и устойчивость предприятия к условиям санкционных ограничений;
- снизить требования к квалификации операторов, что оптимизирует фонд оплаты труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акинфиев В. К., Цвиркун А. Д. Оптимизация очередности разработки сложных систем // Современные проблемы управления. – М. : Наука, 1974. – С. 164–167.
2. Астафьева О. В. Особенности управления в современных условиях смены технологического уклада // Экономический анализ: теория и практика. – 2018. – Т. 17, № 2 (473). – С. 340–352.
3. Амангельдиев Б. Р., Шигаев М. Н., Шмулев С. А. Структура и свойства задач векторной оптимизации // Оптимизация и моделирование сложных систем: [сб. ст.]. – Алма-Ата : Наука, 1976. – Ч. 1. – С. 48–57; Ч. 2. – С. 58–62.
4. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с.
5. Антонов В. Г. Эволюция организационных структур // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 1. – С. 25–31.
6. Апатова Н. В. Управление процессами цифровой трансформации бизнеса // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 3–8.
7. Бабий Д. И., Колганова Е. В. Развитие организации в контексте концепции технологических укладов // Финансовые рынки и банки. – 2021. – № 12. – С. 24–30.
8. Баусова З. И., Гамзина А. Н., Дугина Ю. Н., Старикова А. Ю. Решение задач целочисленной линейной оптимизации // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 4 (20). – С. 117–121.
9. Бауман Е. В., Дорофеев А. А. Классификационный анализ данных // Труды Международной конференции по проблемам управления. – М. : СИНТЕГ, 1999. – Т. 1. – С. 62–67.
10. Биркгоф Г. Теория структур. – М. : Иностранная литература, 1952. – 408с.
11. Бобровников Г. Н., Клебанов А. Й. Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 232 с.

12. Бобровников Г. Н. Управление качеством продукции: учебное пособие. – М.: Издательство Академии народного хозяйства СССР, 1980. – 154 с.
13. Боткин О. И., Дедов Л. А. Макроструктурная динамика и структурные циклы в экономике: научный доклад / РАН, Уральское отделение, Институт экономики. – Екатеринбург, 2001. – 58 с. Рец.: Кузнецов А. Л. Новый шаг в изучении экономической макроструктурной динамики // Вестник Удмуртского университета. – 2001. – № 10–11: Проблемы теории и практики экономической науки. – С. 6–7.
14. Борисов В. Н., Почукаева О. В. Современные проблемы повышения эффективности развития машиностроения // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2017. – № 15. – С. 170–184.
15. Браверман Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. – М.: Наука, 1983. – 223 с.
16. Бржозовский Б. М., Мартынов В. В., Схиртладзе А. Управление системами и процессами: учебник для вузов. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 295 с.
17. Булатович М. Проектирование продукции на основе метода декомпозиции // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 6. – С. 29–31.
18. Бусленко В. Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977. – 240 с.
19. Бусленко Н. П., Калашников В. В., Коваленко И. Н. Лекции по теории сложных систем. – Л.: Советское радио, 1973. – 439 с.
20. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399с.
21. Валов А. Ф. Об одном подходе к разработке оптимальной системы контроля и испытаний в условиях серийного производства // Труды 58-й научно-технической конференции ВИОЛКА им. Ш. Э. Дзержинского. – 1975. – С. 74–81.
22. Варзунов А. В., Торосян Е. К., Сажнева Л. П. Анализ и управление бизнес-процессами: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 112 с.
23. Венсель В. В. Интегральная регрессия и корреляция: статистическое моделирование рядов динамики. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 223 с.

24. Веснин В.Р. Основы менеджмента. – М.: Триада, 1996. – 320 с.
25. Виханский О. С., Наумов А. И. Менеджмент: учебник. – М.: Гардарики, 2014. – 288 с.
26. Войчинский А. М. Совершенствование организационной структуры ОГТ // Машиностроитель. – 1984. – С. 41–42.
27. Воронин А. А., Мишин С. П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: Институт проблем управления РАН, 2003. – 214 с.
28. Воронина В. В. Технологии автоматизации бизнес-процессов предприятий: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 204 с.
29. Воронова О. В., Ильин И. В. Референтная модель бизнес-процессов верхнего уровня для построения архитектурных решений сетевых компаний FMCG-ритейла // Экономика и управление. – 2019. – № 5 (163). – С. 81–88.
30. Воронова О. В., Ильин И. В. Совершенствование бизнес-модели сетевого FMCG-ритейла на основе процессного подхода // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2019. – № 2 (116). – С. 74–82.
31. Геллер В. Е., Синько В. И. Организация контроля качества продукции в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972. – 231 с.
32. Гиносян К. А., Геворгян К. Управление изменением в организации: от организационного развития до реинжиниринга // Семнадцатая годовичная научная конференция. Социально-гуманитарные науки: сборник трудов. – С. 362–370.
33. Глазьев С. Ю. Рывок в будущее: Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах. – М.: Книжный мир, 2018. – 768 с.
34. Горбунов А. В. Типичные причины неудачного применения процессного подхода // Менеджмент сегодня. – 2022. – № 4. – С. 288–294.
35. Данилюк А. А. Управление изменениями: учебное пособие. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. – 288 с.
36. Десовп А. А., Дорофеюк А. А., Гучук В. В., Дорофеюк Ю. А., Покровская И. В. Процедуры классификационного анализа в задаче формирования информативных признаков при исследовании ритмической структуры биосигнала // Автоматика и телемеханика. – 2008. – № 8. – С. 143–152.

37. Деминг Э. Выход из кризиса: новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 419 с.
38. Дорофеюк А. А., Дорофеюк Ю. А. Методы структурно-классификационного прогнозирования многомерных динамических объектов // Искусственный интеллект. – 2006. – № 2. – С. 138–141.
39. Дорофеюк А. А., Покровская И. В., Чернявский А. Экспертные методы анализа и совершенствования систем управления // Автоматика и телемеханика. – 2004. – № 8. – С. 172–188.
40. Дранишников С. В. Квалиграммы: руководство по квалиграммам. – Красноярск, 2005. – 26 с.
41. Друкер П. Ф. Энциклопедия менеджмента / пер. с англ. О. Л. Пелявского; под ред. Т. А. Гуреш. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 432 с.
42. Дубенко Ю. В., Дышкант Е. Е., Обозовский А. А. Метод оптимизации организационной структуры централизованных многоагентных систем в автоматическом режиме // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 182–192.
43. Елиферов В. Г. Бизнес-процессы: регламентация и управление: учебник. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 319 с.
44. Елиферов В. Г. Бизнес-процессы: регламентация и управление: учебник. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 319 с.
45. Ефимов В. В., Самсонова М. В. Управление процессами: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 222 с.
46. Ефимов В. В. Описание и улучшение бизнес-процессов: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 84 с.
47. Жданович О. А., Корнюшко В. Ф., Иванчук И. С., Костров А. В. Степень готовности системы управления бизнес-процессами к внедрению информационных технологий (методика оценки) // Прикладная информатика. – 2014. – № 1.

48. Зими́на Л. Ю. Методологические основы внутрифирменного планирования: учебное пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2007. – 115 с.
49. Злобина О. В. Совершенствование системы управления организацией на основе использования инструментов цифровой трансформации: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук. – Курск, 2024.
50. Калянов Г. Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 239 с.
51. Кисловец О. В., Рыбин Д. В., Сермягина О. С. Совершенствование организационной структуры предприятия // Проблемы экономики и менеджмента. – 2017. – № 1. – С. 32–34.
52. Климова Е. И., Голдобин И. А. Алгоритм внедрения процессного подхода для успешного функционирования в организациях // E-Scio. – 2022. – № 1 (64). – С. 463–470.
53. Коваленко Е. В., Алимбаева М. Н. Необходимость управления организационными изменениями в современном менеджменте // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 4151–4155. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/971157.htm>.
54. Козлова О. С. Управление бизнес-процессами на промышленных предприятиях: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук. – М., 2024.
55. Козлова Е. П. Формирование механизма устойчивого развития промышленных предприятий на основе технологической трансформации: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук. – Нижний Новгород, 2019.
56. Корнеева А. В., Корнеев Г. У. Бизнес-процессы: от ценности к прибыли // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 7–2. – С. 168–175.
57. Кравченко К. А., Мешалкин В. П. Организационное проектирование и управление развитием крупных компаний: методология и опыт проектирования систем управления. – М.: Альма Матер: Академический проект, 2006. – 527 с.

58. Кузнецов Ю. В., Мелякова Е. В. Развитие подходов к проектированию организационных структур управления // Terra Economicus. – 2013. – Т. 11. – № 3-2. – С. 40–45.

59. Куликов Г. Г., Конев К. А. Методология управления машиностроительным предприятием на основе интеграции его бизнес-процессов // Уфимский государственный авиационный технический университет. Вестник УГАТУ. – 2006. – № 2 (15). – С. 82–91.

60. Лаврентьева Е.В. Модели оптимизации фондового рынка в машиностроении (социально-экономический аспект) / Е.В. Лаврентьева, В.П. Кузнецов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2023. № 2 (62) С.145-154.

61. Лаврентьева Е.В. Оптимизации технологического сегмента бизнес-процессов управления на предприятиях машиностроения / Е.В. Лаврентьева // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. №4. С. 152-156.

62. Лаврентьева Е.В. Многоуровневая оптимизация бизнес-процессов технологического сегмента предприятий машиностроения в социально-экономическом аспекте / Е.В. Лаврентьева // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2025. Т.18. № 3. С. 88-100

63. Лаврентьева Е.В. Оптимизация бизнес-процессов предприятий машиностроения на базе модернизированной системы управления производством (MES) / Е.В. Лаврентьева, В.П. Кузнецов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2025. №3 (71) – С. 231-244.

64. Лаврентьева Е.В. Цифровая трансформация управления проектами в бизнес-процессах / Е.В. Лаврентьева, В.А. Лаврентьев, Е.В. Яшкова [и др.] // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. №9. С. 107-110.

65. Лаврентьева Е.В. Повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятий посредством изменения организационной структуры/ Е.В. Лаврентьева, В.П. Кузнецов // Управленческий учет. 2026. №1 – С.187-192.
66. Лаврентьева Е.В. Многоуровневое повышение эффективности организационных структур бизнес-процессов предприятий машиностроения/ Е.В. Лаврентьева, В.П. Кузнецов // Экономические и гуманитарные науки. 2026. №2– С.109-118.
67. Лейбкинд А. Р., Рудник Б. Л. Моделирование организационных структур (классификационный подход). – М.: Наука, 2001. – 143 с.
68. Лейбкинд А. Р., Рудник Б. Л., Чухнов А. И. Математические методы синтеза организационных структур управления. – М.: Препринт Центр экономико-математического института, 1978. – 125 с.
69. Ляндау Ю. В., Стасевич Д. И. Теория процессного управления. – М.: Инфра-М, 2014. – 117 с.
70. Мишин С. П. Математическая модель оптимизации иерархии, управляющей технологическим взаимодействием // Современные сложные системы управления: сборник трудов Международной конференции. – Воронеж: ВГАСУ, 2005. – С. 142–144.
71. Мишин С. П. Модель оптимальной структуры контроля производственной цепи // Труды IV Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». – М.: ИПУ РАН, 2004. – С. 154–159.
72. Мишин С. П. Модель построения оптимальной многоуровневой организации // Труды Международной конференции по проблемам управления. – М.: ИПУ РАН, 2006.
73. Модель жизненного цикла И. Адизеса. Книга «Corporate Lifecycles». – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. – 384 с.
74. Модин А. А. Матричное моделирование организационных структур управления // Оптимальное планирование и совершенствование управления народным хозяйством / под ред. Н. П. Федоренко. – М.: Наука, 1969. – 462 с.

75. Наугольнова И. А. История становления и перспективы развития процессного управления организацией // Лидерство и менеджмент. – 2023. – Т. 10. – № 1. – С. 53–64.
76. Наугольнова И. А., Никитина Н. В. Отечественный и зарубежный опыт внедрения и развития процессной модели управления на предприятиях различных отраслей // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17. – № 9. – С. 3313–3330.
77. Наугольнова И. А. Основы процессного подхода к управлению затратами на промышленных предприятиях // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – № 3. – С. 753–762. – DOI: 10.18334/erpp.10.3.100746.
78. Набок О.А. Управление бизнес-процессами // Издательство Лань – 2025.
79. Новая философская энциклопедия: в 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 2001.
80. Общая теория систем / под ред. М. Д. Месаровича. – М.: Мир, 1966. – 186 с.
81. Павлова А. В. Управление организационными изменениями. – Казань: Казанский гос. ун-т, 2004. – 215 с.
82. Платон. Государство. Законы. Политика. – М.: Мысль, 1998. – С. 191–250.
83. Репин В. В. Бизнес-процессы: моделирование, внедрение, управление. – 2-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 512 с.
84. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению: моделирование бизнес-процессов. – 3-е изд. – М.: Стандарты и качество, 2005. – 404 с.
85. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению: моделирование бизнес-процессов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.
86. Ротер М., Шук Д. Учись видеть бизнес-процессы: практика построения карт потоков создания ценности / пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 135 с.
87. Рудакова О. С. Методология реинжиниринга бизнес-процессов промышленных организаций: автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора экономических наук. – М., 2010.

88. Самсонова М. В. Управление процессами: учебно-практическое пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 185 с.
89. Селюкова С. А., Селюкова Г. П. Целочисленное решение задач линейного программирования методом ветвей и границ с помощью Excel // Молодой учёный. – 2016. – № 3. – С. 45–50.
90. Оценка эффективности национального проекта «Производительность труда» // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2024. – № 2. – С. 117–125.
91. Соколова С. А., Горячева Е. В. Организационные изменения: классификация и политика изменений // Развитие экономики региона: взгляд в будущее: материалы III городской научно-практической конференции. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. – С. 131–133.
92. Спешилова Н. В., Андриенко Д. А., Рахматуллин Р. Р., Спешилов Е. А. Тенденции развития экономики России на фоне общемировых трендов в условиях четвертой промышленной революции // Вестник Евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 6. [Электронный ресурс]. – URL: <https://esj.today/PDF/39ECVN618.pdf> (дата обращения: 25.11.2025).
93. Спешилова Н. В., Сеницын С. О. Повышение эффективности функционирования промышленных предприятий в условиях цифровой экономики // Materials of the XV International Scientific and Practical Conference. – 2019. – С. 46–52.
94. Спивак В. А. Управление изменениями: учебник для вузов. – М.: Юрайт, 2023. – 347 с.
95. Суворова С. Д., Мозговая А. П. Оптимизация бизнес-процессов: современное состояние исследований и проблемы практической реализации // Прогрессивная экономика. – 2023. – № 7. – С. 64–89.
96. Суслов И. П. Основы теории достоверности статистических показателей. – Новосибирск: Наука, 1979. – 164 с.
97. Таран В. А., Брудник С. С., Кофанов Ю. Н. Математические вопросы автоматизации производственных процессов. – М.: Высшая школа, 1968. – 216 с.

98. Таран В. А., Вайнейкис Л. А. Оптимизация системы контроля качества изделий в технологическом процессе с фиксированной структурой // Надёжность и контроль качества. – 1973. – С. 16–20.
99. Тарасов И. В. Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития // Стратегии бизнеса. – 2018. – № 6 (50). – С. 57–63.
100. Терентьева Т. Б. Организационная структура 4.0: вызовы и перспективы // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – № 6. – С. 730–742.
101. Тренды российской экономики. Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП). – 2025.
102. Трушин К. В. Сущность и виды организационных структур управления предприятия // Вестник ММА. – 2023. – № 1. – С. 228–231.
103. Тихомирова О. Г., Варламов Б. А. Менеджмент организации: теория, история, практика: учебное пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
104. Тихонов В. С. Особенности цифрового управления инновационными проектами // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2019. – Т. 12. – № 1. – С. 33–42.
105. Ткаченко Н. А., Мороз В. С., Золотарёв Л. Г. К вопросу разработки организационных структур методом графов // Экономика и математические методы. – 1976. – Т. 7, вып. 1. – С. 164–168.
106. Тыква В. А. Управление бизнес-процессами: учебно-методическое пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. – 89 с.
107. Уварова Г. Оптимизация производства: проблемы и подходы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eg-online.ru/article/280930/> (дата обращения: 25.11.2020).
108. Управление качеством продукции: учебное пособие / под ред. Д.А. Шевчука – М. : ГроссМедиа, РОСБУХ, 2008 – 216 с.
109. Управление корпоративными изменениями по критерию устойчивости: монография /под ред. Ю. П. Анискина. – 2-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2012.– 404 с.

110. Фатхутдинов Р. А. Стратегический менеджмент: учебник. – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Дело, 2005. – 448 с.
111. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе / пер. с англ. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2007. – 288 с.
112. Харрингтон Д. Совершенство управления процессами: искусство совершенствования управления процессами/ пер. с англ. – М.: Стандарты и качество, 2007. – 189 с.
113. Хромов И. Е. Виртуальные организации в современной экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2018. – Т. 8. – № 8А. – С. 377–388.
114. Цвиркун А. Д. Структура сложных систем. – М.: Советское радио, 1975. – 210 с.
115. Черемных О. С., Черемных С. В. Стратегический корпоративный реинжиниринг: процессно-стоимостный подход к управлению бизнесом: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 734 с.
116. Чичева Д. С., Сунтеев А. Н. Роль «цифровых двойников» в нефтехимической отрасли // Актуальные проблемы и тенденции развития современной экономики: сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. (Самара, 16–17 нояб. 2020 г.). – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. – С. 248–252.
117. Шермет М. А. Управление изменениями. – М.: Дело, 2015. – 256 с.
118. Широкова Г. В. Управление организационными изменениями: учеб. пособие. – СПб.: Издат. дом Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2015. – 432 с.
119. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / под ред. Р. М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 191 с.
120. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности. – М.: Экономика, 1992. – 224 с.
121. Ярцева И. М. Концептуальные положения системы управления организационными изменениями в промышленных организациях // Известия Санкт-Петербургского ун-та экономики и финансов. – 2013. – № 2. – С. 45–51.
122. Eisenach J., Lenard T. Competition, Innovation & the Microsoft Monopoly: Antitrust in the Digital Marketplace. – Boston: Kluwer Books, 1999.

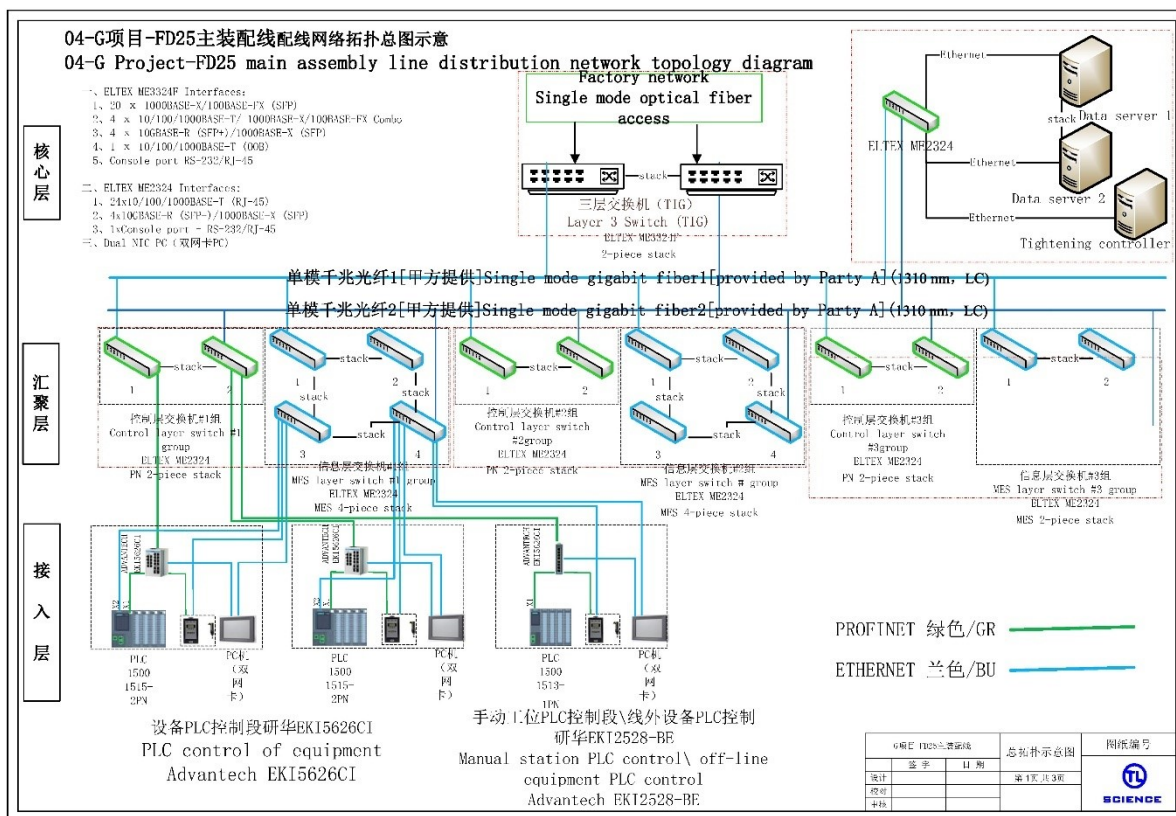
123. Harvard Business Review: 10 лучших статей. Управление изменениями. – М.: Альпина Паблишер, 2017. – 256 с.
124. How Microsoft used change management best practices to launch a new business intelligence platform [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.microsoft.com/insidetrack/blog/how-microsoft-used-change-management-best-practices-to-launch-a-new-business-intelligence-platform/> (дата обращения: 18.01.2026).
125. Microsoft Corporation Form 10-K [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/789019/000095017023035122/msft-20230630.htm> (дата обращения: 8.10.2025).
126. Qureshi A., Afzal S. Quality Management and Organizational Development: Attaining Sustainability from Organizational Excellence to Sustainable Excellence. – 2008.
127. Shepel V. N., Speshilova N. V., Kitaeva M. V. Technology of management decision-making at industrial enterprises in the digital economy // Proc. Int. Sci. Conf. «Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development»(Самара, 6–8 дек. 2018 г.). – Самара, 2018. – С. 520–528.
128. The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS. – Vol. LVII. – GCPMED. – 2018. – P. 1520–1531.
129. Sunteev A., Tikhonov V. Statistical analysis of costs and prospects of digitalization of Russian mechanical engineering // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Article 012095.
130. Cummings T. G., Worley C. G. Organization Development and Change. – South-Western Cengage Learning, 2009.
131. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kommersant.ru> (дата обращения: 25.10.2024).
132. [Электронный ресурс]. – URL: <https://repository.rudn.ru> (дата обращения: 25.10.2024).
133. Smith A. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. – London: Printed for W. Strahan and T. Cadell, 1776.

134. Taylor F. W. The Principles of Scientific Management. – New York; London: Harper, 1911.
135. Генри Форд и его вклад в развитие научного менеджмента [Электронный ресурс]. – URL: <https://standard.kz> (дата обращения: 25.10.2025).
136. Smith A. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. – London: Printed for W. Strahan and T. Cadell, 1776.
137. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kommersant.ru> (дата обращения: 25.10.2025).
138. [Электронный ресурс]. – URL: <https://repository.rudn.ru> (дата обращения: 25.10.2025).
139. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pmk.tversu.ru> (дата обращения: 25.10.2025).
140. [Электронный ресурс]. – URL: <https://math.semestr.ru> (дата обращения: 25.10.2025).
141. [Электронный ресурс]. – URL: <https://economic-mathematics.ru> (дата обращения: 25.10.2025).
142. [Электронный ресурс]. – URL: <https://leanteck.ru> (дата обращения: 25.10.2025).

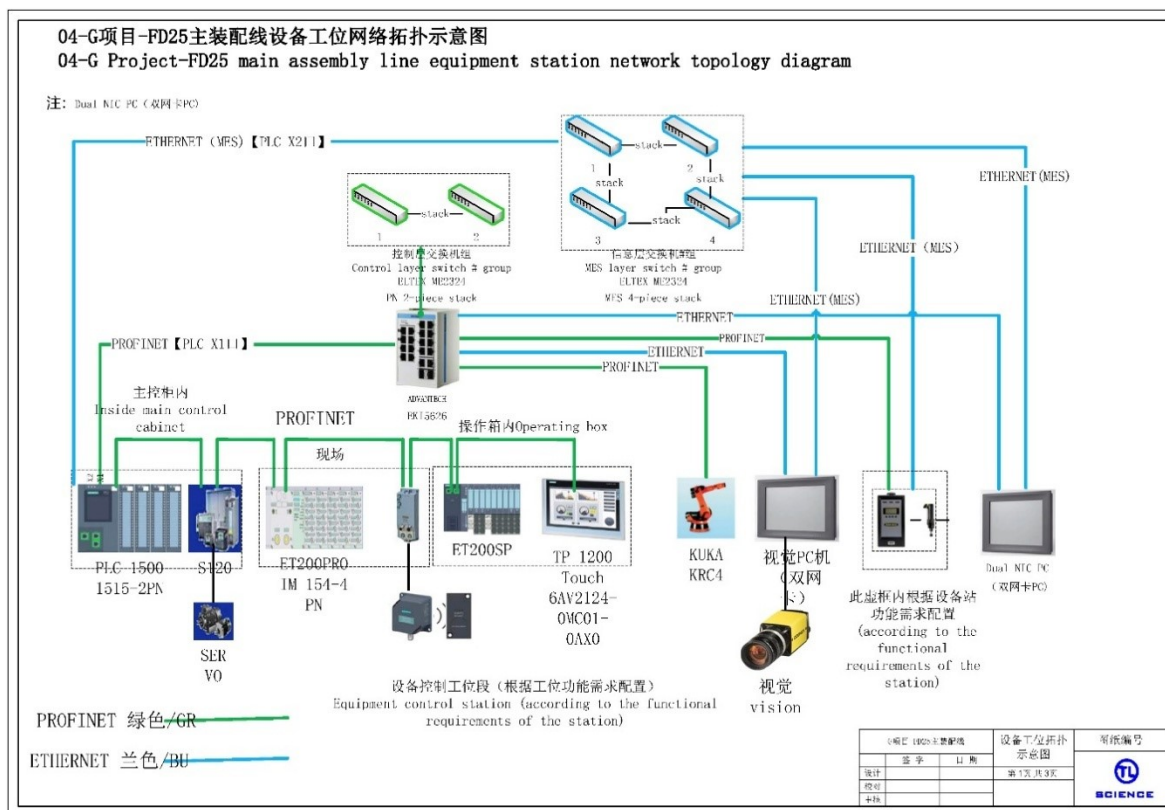
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Топологический план №1

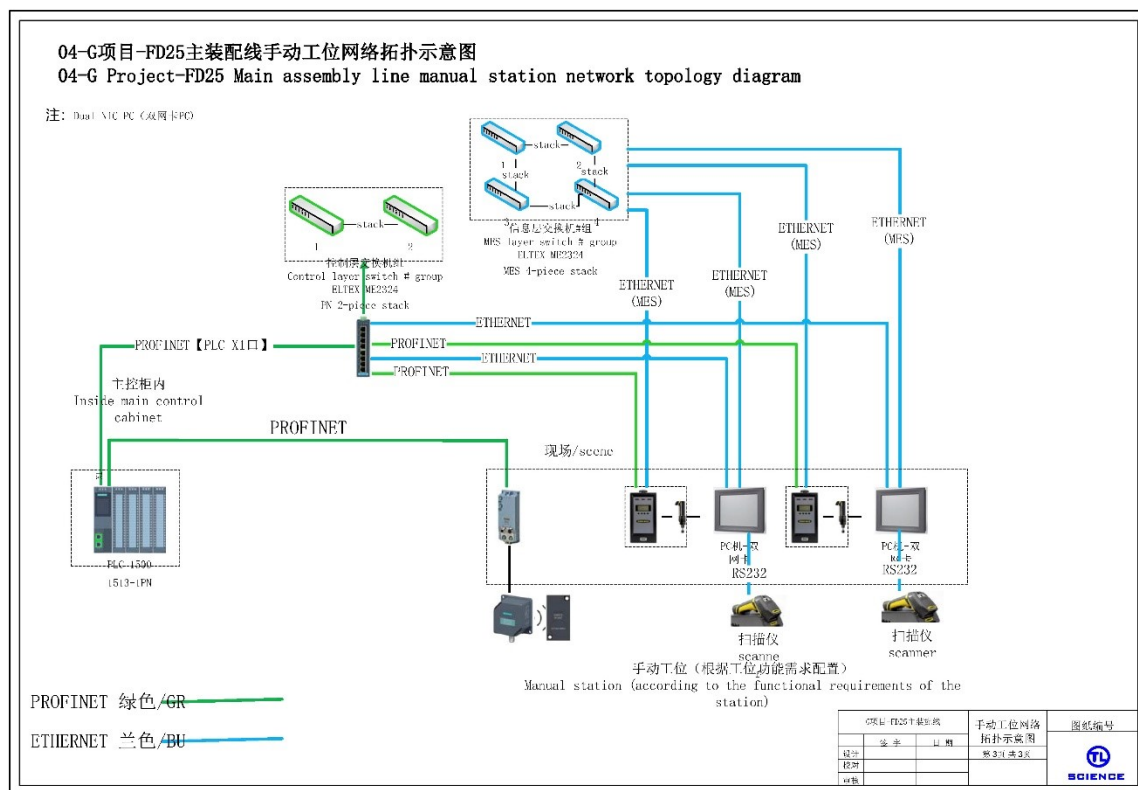


Топологический план №2



Продолжение приложения А

Топологический план №3



Приложение Б

Пример технического задания



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

поставка линии сборки дизельных двигателей №:

		ГОРОД:	Нижний Новгород	Дата:	21.02.2023
Проект:	Локализация производства дизельных двигателей объемом 2,5 литра	Объект	Линия сборки двигателей		
		Тип	Оборудование		
Проектное описание	Поставка и запуск линии сборки двигателей	Производство двигателей:	Двигатель рабочим объемом 2,5 литра		

Срок предоставления технико-коммерческого предложения	Согласно сопроводительному письму
Дата поставки оборудования	Ноябрь 2022г.
Требуемая дата запуска оборудования	январь 2023г.

Начало производства	15.01.2023г.
Место назначения	Нижний Новгород, Россия, АО «Нижегородские грузовые автомобили»
Руководитель проекта	Греков Руслан Геннадьевич тел.: +7 (831) электронная почта: GrekovRG@trucks-nn.ru
Технические специалисты	Макаров Алексей Георгиевич тел.: +7 (831) 299-09-90, +79108923494 электронная почта: MakarovAG@trucks-nn.ru Комлев Андрей Леонидович тел.: +7 (831) 299-09-90, +79875332343 электронная почта: KomlevAL@trucks-nn.ru

_____ Р.Г. Греков



Содержание

1. Общая часть.....	3
2. Объём поставки и граничные условия.....	6
3. Требования к формату данных о качестве.....	21
4. Приемка	25
5. Обучение.....	26
6. Обеспечение качества и техобслуживание/ремонт оборудования.....	27
7. Упаковка.....	27
8. Обязательные опции.....	27
9. Документация.....	27
10. Способ презентации предложения.....	28
11. Требование к коммерческой части предложения.....	28
Приложение 1. Спецификация оборудования и услуг.....	29
Приложение 2. Образец nda.....	31
Приложение 3. Характеристики двигателя.....	38
Приложение 4. Габаритные чертежи двигателя.....	39
Приложение 5. Перечень моментов затяжки соединений.....	40
Приложение 6. Разрезы двигателя.....	42
Приложение 7. Описание процесса сборки.....	43

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Предмет поставки.

Представляет собой проект "под ключ", предусматривающий проектирование, изготовление, монтаж и ввод в эксплуатацию комплекса сборочных линий, вкл. линию сборки двигателя, послесборочную линию (post-assembling line) – Этап 1 и линию подборки головки блока цилиндров (ГБЦ) – Этап 2 для производства рядных 4-цилиндровых турбированных дизельных двигателей. Сборочная линия должна обеспечивать наличие необходимых мощностей и возможностей для модернизации аппаратной и программной части с целью удовлетворения потребностей в случае будущей модернизации и расширения линейки двигателей. Линия сборки двигателей состоит из автоматических, полуавтоматических и ручных станций, связанных между собой транспортной системой, включая сопутствующие столы для осуществления под сборки, технологическую оснастку, специальные инструменты и измерительное оборудование для доработки, металлоконструкции из стандартного стального профиля на уровне пола, подъемное оборудование, высоковольтную и низковольтную электрическую сеть, систему освещения, систему подачи сжатого воздуха.

Линия сборки двигателей должна иметь опционально возможность интеграции стенда холодных испытаний.

Проект должен быть разработан одновременно и реализован в два этапа - линию сборки двигателя, послесборочную линию, паллеты, ручные станции и оборудование на первом этапе и линию под сборки ГБЦ на втором этапе. Поставщику предлагается представить детальные предложение по Этапу I и Этапу II. Оборудование по Этапу I будет закуплено первым, и будет использоваться в качестве основы для оценки тендера, а предложение по Этапу II будет использоваться в качестве важной информации для Решения при выборе поставщика и являться основой для принятия Решения по Этапу 2.

1.2 Чертежи.

Чертежи двигателей: будут предоставлены дополнительно, после подписания NDA по форме Приложения 2 к настоящему техническому заданию.

1.3 Сравнение технической части предложений от поставщиков.

Каждое предложение будет оцениваться по следующим параметрам:

- соответствие условиям технического задания;
- состав оборудования, опции;
- технологический инжиниринг;
- эргономика рабочего места оператора;
- сертификаты и документация;
- электроника и программное обеспечение;
- безопасность;
- сроки реализации;
- условия гарантийного обслуживания;
- скорость реагирования на неполадки.

К предложению необходимо приложить информацию и документацию, необходимую для подтверждения каждого пункта, указанного выше.

1.4 Структура предложения/составляющие цены

Указанная стоимость должна включать оборудование, вкл. проектирование, изготовление, монтаж, ввод в эксплуатацию, расходы на транспортировку и упаковку.

- поставщик должен предоставить подробную разбивку цен на все позиции (включая оборудование, ручные рабочие станции, оснастку и т.д.), которые, в свою очередь, также должны быть разбиты на отдельные или значимые стандартные, или функциональные части.

- Инвестиционная стоимость оборудования, указанная в ценовом приложении, действительна в течение 1 года для Этапа I и в течение 3 лет для Этапа II.
- Цены, указанные в коммерческом предложении, являются ценами на условиях франко-завод, а стоимость запасных частей указана в размере 2,0% от общей стоимости оборудования сборочной линии.

1.5 Информация, предоставляемая поставщиком

Коммерческое предложение должно содержать следующую техническую информацию:

- Планировка сборочной линии, включая:
- Все автоматические, полуавтоматические и ручные рабочие станции с указанием их размещения на планировке.
- На планировке должно быть указано расположение пультов оператора и электрических шкафов;
- На планировке должно быть указано расположение стеллажей и схема подачи КИ;
- Виды производственной линии в разрезе должны сопровождаться указанием размеров и данных по эргономике;
- Должна быть показана позиция операторов и описаны выполняемые ими операции. Схема распределения/расстановки персонала должна быть представлена из расчета 45000 шт./год.
- Чертеж общего вида и вид металлоконструкций в сечении.
- Перечень/разбивка оборудования (см. Приложение 1).
- Перечень/разбивка оснастки (см. Приложение 1).
- Таблица расчета тактов.
- Описание схемы расположения оборудования в сборочной линии
- Перечень требований к энергоносителям/инженерным системам.

1.6 Интерфейсы оборудования

Линия сборки двигателей должна предусматривать наличие интерфейса для привязки установки для холодных испытаний (cold test), подключения оборудования, интеграции сигналов, сбора данных и т.д., что является обязанностью потенциального поставщика.

Поставщик должен предоставить подробные размеры и параметры потребления электроэнергии, сжатого воздуха и воды в течение двух недель с момента согласования чертежей.

1.7 План-график

В тендерном предложении участник должен указать план-график, в котором должны быть обозначены временные точки для следующих этапов:

Время на проектирование,

Согласование схемы расположения оборудования в сборочной линии

Изготовление оборудования,

Предварительная приемка,

A

Н.В.ЕЖОВ

Внедрение системы T-flex пользователи

Количество пользователей PLM системы по ролям

№	Предприятие	Инженерный центр - разработка продукта			
		1. Менеджер продукта	2. Специалист планирования продукта	3. Специалист прототипирования	4. Специалист по испытаниям
-	Сборочное производство	4	5	11	3
1	ПГА				
2	ПДД				

Инженерный центр - разработка продукта				
5. Инженер-конструктор по расчетам	6. Инженер-конструктор (конструктор автомобиля)	7. Нормоконтроль	8. Архивариус	9. Производственный инжиниринг
3	15	4	7	10

OEM	Производственное предприятие			
10. Технолог ТПП	11. Технолог подготовки производства	12. Технолог цеха	13. Конструктор оснастки	14. Нормировщик материалов и инструментов, трудозатрат
15	14	35	0	10
4	3	8	0	14

Производственное предприятие		Дистрибьютер	Маркетинг
16. Производственный персонал	17. Снабженец инструментом	18. Специалист запчастей	19. PR
20	6	35	3
2	3		

200 Пример заполнения
0 Предварительно озвучено 100 лицензий
34 Предварительно озвучено 50 лицензий

Продолжение приложения Г

№	Роль	Описание
1.	Менеджер продукта	специалист, ведущий продуктовый проект; в контуре PLM отвечает за формирование дерева требований к продукту
2.	Специалист по планированию продукта	специалист, отвечающий за подготовку планов по продуктовому проекту, участвует в процессах согласования
3.	Специалист прототипирования	сотрудник опытного производства, участвующий в изготовлении прототипов
4.	Специалист по испытаниям	инженер отделов дорожных и стендовых испытаний
5.	Инженер-конструктор по расчетам	инженер отдела САЕ-расчетов
6.	Инженер-конструктор	инженер, занимающийся подготовкой КД на продукт и созданием цифрового макета
7.	Нормоконтроль	представитель нормоконтроля, участвующий в процессе согласования КД
8.	Архивариус	сотрудник архива, принимает на хранение КД, присваивает инвентарные номера, подбирает подлинники на изменение, подготавливает данные для микрофильмирования
9.	Производственный инжиниринг	специалист ОИЦ, принимающий участие в согласовании изменений, предварительном расчете инвестиций, разработке предварительных технологических маршрутов
10.	Технолог ТПП	специалист (гл.технолог), отвечающий за проекты технологической подготовки производства и согласование технологической документации (СЗТ/ИТД)
11.	Технолог подготовки производства	специалист, ведущий проект ТПП; в контуре PLM отвечает за формирование мероприятий, разработку маршрутов, выдачу ЗПП, согласование ОПП/СЗТ/ИТД
12.	Технолог цеха	специалист, формирующий объёмы подготовки производства (ОПП); выдает техническое задание на проектирование оснастки (ЗНП) и разрабатывает техпроцесс

Продолжение приложения Г

13.	Конструктор оснастки	Пользователь, занимающийся разработкой КД оснастки, по Заданию на проектирование выданное Технологом
14.	Нормировщик материалов и инструментов	Пользователь, занимающийся нормированием материальных пооперационных карт, карт норм раскроя металла, текстиля и т.д.
15.	Нормировщик трудозатрат	Пользователь, занимающийся трудовым нормированием
16.	Производственный персонал	Пользователь, с минимальным набором прав, только на просмотр, используется для производственного персонала
17.	Снабженец инструментом	специалист дирекции по закупкам, получает заявки от Технологов на закупку инструмента, принимает участие в согласовании СЗТ/ИТД (выдает даты опытной партии и начала поставок)
18.	Специалист запчастей	пользователь, разрабатывающий сервисный состав изделия и руководства по ремонту\эксплуатации
19.	PR	специалист, подготавливающий маркетинговые материалы (фото, видео, презентации) для продвижения продукта.

Чек-лист проверки двигателя перед отгрузкой потребителю

Номер двигателя						
Проверка после технологической обкатки						
1. Задний торец - 3 контрольные точки :						
Разъём крышки клапанов и головки цилиндров;						
Разъём соединения крышки выпуска ОЖ и блока цилиндров;						
Соединение патрубка крышки выпуска ОЖ с трубкой на теплообменник масляного фильтра.						
Проверка двигателя с правой стороны - 8 контрольных точек:						
Соединение болтов трубки подачи масла - 2 места;						
Соединение трубки возврата масла;						
Разъём крышки клапанов и головки цилиндров;						
Трубка отвода охлаждающей жидкости;						
Разъём масляного картера с крышкой переднего сальниковдержателя;						
Разъём масляного картера с блоком цилиндров - 2 места .						
Проверка двигателя с левой стороны - 14 контрольных точек:						
Соединение выпускной трубки ТНВД;						
Разъём патрубка термостата с отводящей трубкой ОЖ - 2 места;						
Соединение впускной трубки ТНВД;						
Резьба датчика давления масла;						
Соединение трубки высокого давления с ТНВД;						
Разъём масляного картера с блоком цилиндров - 2 места;						
Разъём патрубка термостата;						
Разъём головки блока и блока цилиндров;						
Резьба датчика ОЖ;						
Разъём корпуса термостата и блока;						
Соединение трубок теплообменника с патрубками - 2 места.						
Проверка двигателя сверху - 14 контрольных точек:						
Соединение трубок высокого давления с форсунками - 4 места;						
Соединение трубок высокого давления с трубопроводом - 5 мест;						
Разъём крепления обратного трубопровода топливной форсунки- 4 места;						
Соединение болтов трубки подачи масла.						
Требования по упаковке двигателя G 31 для транспортировки на АЗ "НАЗ"						
Упаковка электропроводки: коннекторы изолированы в целлофан, зафиксированы на двигателе хомутом.						
Заглушки на топливопроводе низкого давления - 2 шт.						
Заглушка на термостате.						
Заглушка на штуцере вакуумного насоса.						
Заглушка на патрубке системы охлаждения(слив).						
Упаковка трубы СВГ: гайки и прокладка поставляются отдельно, труба СВГ изолирована в целлофан.						
Заглушка на патрубке системы охлаждения (подача).						
Заглушка на впускной трубе.						
Заглушки на ТРК - 2 шт.						
Расположение хомута патрубка термостата						
Расположение хомутов шлангов подвода и отвода воды к теплообменнику - 4 места.						
Расположение хомутов шланга слива масла с вакуумного насоса - 2 места.						
Расположение хомутов шлангов отвода картерных газов - 3 места.						
Отсутствие на двигателе точечных следов масла, ОЖ, топлива.						



Завод дизельных двигателей
АО "Нижегородские грузовые автомобили"
603004, г. Нижний Новгород,
пр-т Ленина, д. 88
Тел.: +7(831) 290 07 26
info@trucks-nn.ru

ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ЗАВОДА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Качество продукции и услуг является для нас высшим приоритетом.

Целью Завода дизельных двигателей АО «Нижегородские грузовые автомобили» в области качества является организация производства современных двигателей, соответствующих лучшим мировыми практикам в области производства и качества.

Реализуя настоящую Политику, мы постоянно совершенствуем качество нашей продукции и процессов.

Для обеспечения лидерских позиций мы стремимся превосходить требования и ожидания наших потребителей и других заинтересованных сторон.

Каждый руководитель и сотрудник, применяя в работе свои знания и опыт, способствует развитию системы менеджмента качества.

Обеспечивая качество, мы основываемся на организации экономичного производства, постоянно совершенствуем процессы, стандартизируем работу, анализируем полученные результаты, управляем рисками и предпринимаем необходимые действия по улучшениям.

Мы ориентируемся на предупреждение проблем, а не на устранение их последствий. Основными стратегическими направлениями по системе менеджмента качества на 2025-2027 года являются:

- подготовка и запуск производства новых видов продукции;
- сертификация системы менеджмента качества Завода дизельных двигателей АО «Нижегородские грузовые автомобили» на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001;
- постоянная работа по локализации компонентов и улучшению продукции;
- максимальное использование организационной, технической и технологической синергии с компаниями-партнерами.

Высшее руководство демонстрирует лидерство и приверженность системе менеджмента качества, ориентации на потребителей посредством обеспечения всеми необходимыми условиями для выполнения политики и целей в области качества, организации эффективных взаимоотношений со всеми заинтересованными сторонами.

Руководство и работники берут на себя обязательство соответствовать применимым в системе менеджмента качества требованиям потребителей, законодательным и нормативным правовым требованиям, постоянно улучшать систему менеджмента качества.

Директор завода
дизельных двигателей

Н.В.Ежов

Утверждена приказом № 15/074 от 05.02.2025