

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

На правах рукописи



ДЕНИСОВА ЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ РАЗРАБОТКИ
ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ
ПОСТАВОК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

2.5.22. Управление качеством продукции.

Стандартизация. Организация производства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

доктора технических наук

Научный консультант:

д.т.н., профессор

Алексей Иванович Шинкевич

Казань–2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР	6
ВВЕДЕНИЕ	9
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА НА УРОВНЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	24
1.1 Системный анализ процессов информационного обеспечения как основы цифровизации системы менеджмента качества предприятий машиностроительной промышленности.....	24
1.2 Развитие стандартизации процессного и проектного подходов к управлению качеством продукции на отечественных машиностроительных предприятиях	82
1.3 Тенденции изменения технической эффективности цепей поставок машиностроительного комплекса как предпосылки обеспечения технологической локализации производства	113
1.4 Цифровые инструменты обеспечения инновационной системы менеджмента качества на предприятиях машиностроительной промышленности.....	137
1.5 Выводы по главе.....	158
2 РАЗВИТИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	161
2.1 Развитие интегрированной системы менеджмента в условиях обеспечения технологической локализации производства	161
2.2 Систематизация современных принципов производственного менеджмента при реализации проектов технологической локализации в цепях поставок ..	173
2.3 Формирование сетевого взаимодействия при управлении процессами технологической локализации машиностроительного производства	188
2.4 Система инструментов управления качеством машиностроительной продукции в межотраслевой среде.....	211

2.5 Выводы по главе.....	231
3 РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИНСТРУМЕНТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	233
3.1 Логико-информационные модели управления качеством производственных процессов и проектов обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной промышленности.....	233
3.2 Концептуальная модель управления качеством процессов производства и машиностроительной продукции при интегрированном взаимодействии предприятий в цепях поставок.....	245
3.3 Классификация стандартов менеджмента качества процессов производства продукции в цепи поставок при обеспечении технологической локализации производства.....	263
3.4 Создание и развитие интегрированных систем менеджмента в цепях поставок машиностроительных предприятий.....	274
3.5 Выводы по главе.....	292
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	295
4.1 Системный анализ «барьеров» и «узких мест» при обеспечении технологической локализации производства и их стандартизация на всех этапах жизненного цикла продукции машиностроения.....	295
4.2 Математическое моделирование факторов качества цепей поставок предприятий машиностроительной промышленности в условиях дефицита требуемых ресурсов и НИОКР при обеспечении технологической локализации производства.....	314

4.3 Структурное моделирование элементов интегрированной системы менеджмента в цепях поставок предприятий машиностроительной промышленности.....	331
4.4 Математическая и процессная модель интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства в машиностроительной промышленности.....	364
4.5 Выводы по главе.....	376
5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕЖОТРАСЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	380
5.1 Принципы построения интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства в машиностроительной промышленности.....	380
5.2 Структура модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства и обоснование выбора ее ключевых элементов.....	389
5.3 Методика оценки эффективности импортозамещающей продукции в рамках модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при реализации проекта технологической локализации производства.....	411
5.4 Применение инструментов системы менеджмента качества для совершенствования организации рабочих мест на предприятиях машиностроительной промышленности.....	418
5.5 Выводы по главе.....	438
6 ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА.....	440
6.1 Оценка уровня организации производства сложного машиностроительного оборудования.....	440

6.2 Практическая реализация модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок в рамках объекта исследования	448
6.3 Характеристика уровня достигнутых результатов по ключевым показателям эффективности.....	451
6.4 Разработка корректирующих мероприятий в рамках проекта обеспечения технологической локализации	461
6.5 Выводы по главе.....	466
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	468
ГЛОССАРИЙ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ.....	474
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	485
ПРИЛОЖЕНИЯ	521

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

АО – акционерное общество

АСУТП – автоматизированные системы управления технологическими процессами

БС – бюро стандартизации

БТК – бюро технического контроля

ГОСТ – государственный стандарт

ГПА – газоперекачивающий агрегат

ДП – документированная процедура

ЖЦ – жизненный цикл

ИКТ – информационно-коммуникационные технологии

ИСМ – интегрированная система менеджмента

ИСМ ЦП – интегрированная система менеджмента в цепях поставок

ИСО – международная организация по стандартизации

КД – конструкторская документация

ККМ – АО «Казанькомпрессормаш»

КЛ – контрольные листы

КПК – ключевые показатели качества

КХТП – контрольные характеристики технологических переходов

МНК – метод наименьших квадратов

МТР – материально-технический ресурс

МЦК – многоцелевой компрессорный комплекс

НГХК – нефтегазохимический комплекс

НИИ – научно-исследовательский институт

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НКУ – низковольтное комплектное устройство

НТИ – Национальная технологическая инициатива

НТК – АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»

ОАО – открытое акционерное общество

ОКиК – отдел качества и контроля
ОКиТК – отдел качества и технического контроля
ООО – общество с ограниченной ответственностью
ОПТС – Обеспечение проекта технологического суверенитета
ОТС – обеспечение технологического суверенитета
ПАО – публичное акционерное общество
ПК – производственный комплекс
ПКИ – покупные комплектующие изделия
ПКР – проектно-конструкторский работник
ПР – проектирование и разработка
ПСИ – приемо-сдаточные испытания
ПТС – проект технологического суверенитета
РК – руководство по качеству
РФ – Российская Федерация
САУ – система автоматизированного управления
СМБТиОЗ – система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья
СМК – система менеджмента качества
СЭМ – система экологического менеджмента
СПЧ – сменная проточная часть
СТО – стандарт организации
СТП – стандарт предприятия
СУВГ – сжиженный углеводородный газ
СУУТП – системы усовершенствованного управления технологическими процессами
ТЛП – технологическая локализация производства
ТО – техническое обслуживание
ТС – технологический суверенитет
ТУ – технические условия
ХТП – химико-технологический процесс
ХТС – химико-технологическая система

ЦБК – центробежный компрессор

ЦКУ – центральное конструкторское управление

CAD (Computer Aided Design) – система автоматизированного проектирования

CAE (Computer-aided engineering) – общее название для программ или программных пакетов, предназначенных для инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов

CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий

CAM (Computer-aided manufacturing) – подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ.

CRM (Customer Relationship Management) – управление отношениями с клиентами

DMAIC – Define-Measure-Analyze-Improve-Control: Определяй-Измеряй-Анализируй-Улучшай и Контролируй

ENMs – система управления энергоэффективностью

ERP (Enterprise Resource Plannin) – планирование ресурсов предприятия

IDEF0 – Integration Definition for Function Modeling, методология функционального моделирования

ISMS – система управления информационной безопасностью

MRP (Material Requirements Planning) – планирование потребности в материалах

PDCA – Plan-Do-Check-Act: Планируй-Осуществляй-Проверяй-Улучшай

SCM (Supply Chain Management) – управление цепями поставок

SMED (Single-Minute Exchange of Dies) – быстрая переналадка

SOP (Standard Operation Procedure) – стандартные операционные (рабочие) процедуры

TPM (Total Productive Maintenance) – всеобщее производительное обслуживание

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Управление качеством развития цепей поставок в машиностроении обозначено приоритетным направлением научно-технологического развития данной отрасли промышленности, что подтверждается рядом Программ и стратегий федерального и регионального уровня: Концепция технологического развития на период до 2030 года; Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента РФ от 28.02.2024 №145); Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года» (Национальная цель технологическое лидерство п.6.1.4.); Постановление Правительства РФ № 603 от 15.04.2023 года «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета...»; Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 303 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие машиностроительной промышленности»; Стратегия развития машиностроительной промышленности до 2030 года (разработана Минпромторгом РФ); проект Стратегии научно-технологического развития Содружества независимых государств на 2026-2035 годы и др. Реализация проектов в области разработки и внедрения научно обоснованных технических решений, обеспечивающих конкурентоспособность, надежность и технологический суверенитет объектов машиностроения в целом, является перспективным направлением развития отечественной промышленности, что подтверждается тематикой премий Правительства РФ (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.10.2024 № 3026-р «О присуждении премий Правительства Российской Федерации 2024 года в области науки и техники»).

Предприятия машиностроительной промышленности становятся мультиплицирующим фактором развития других предприятий промышленности, являясь неотъемлемым элементом жизненного цикла создания конкурентоспо-

собной продукции. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2023 г. № 603 к таковым, помимо прочих, относятся производства в сфере машиностроительной промышленности. Реестр финансирования проектов технологического суверенитета предприятий ведется госкорпорацией ВЭБ.РФ.

Такие кардинальные сдвиги в техническом вооружении предприятий машиностроительной промышленности требуют развития интегрированных систем менеджмента и вовлечения в существующие цепи поставок новых участников (университеты, НИИ, Центры инжиниринга и др.); совершенствования принципов организации производства в условиях возможной смены технологической парадигмы существующих производств и их перевода на новые рельсы в условиях организационно-управленческих рисков. Соответствующие изменения происходят в области масштабной смены поставщиков программного обеспечения для машиностроительной промышленности – движущей силы принятия управленческих решений в цифровой экономике.

Стандарты, регламентирующие интегрированные взаимодействия разработчиков и поставщиков машиностроительного оборудования, информационно-коммуникационных технологий в настоящее время мало отражают потребности проектов развития цепей поставок. Требуется внесение корректив в подходы к оценке эффективности функционирования производственных систем. Операционная эффективность снижается в условиях роста затрат на разработку отечественного оборудования и технологий, что кардинально отличается от ранее существовавшей системы покупок готовых технологических решений в области машиностроения. На основании этого необходима масштабная корректировка соответствующих регламентов, бизнес-процессов, традиционных интегрированных систем менеджмента, локализованных в рамках одного предприятия. Кроме того, в настоящее время наблюдается практически полное отсутствие стандартов в области межотраслевой кооперации, и так же требуют особого внимания вопросы обеспечения рабочих мест необходимыми материально-техническими ресурсами.

Особенно актуальной становится модель научно-технического развития предприятий машиностроения и сопряженных с ним отраслей, в качестве которой в последнее время рассматривается сетевой формат кросс-отраслевого взаимодействия предприятий, в том числе в области обеспечения качества производства и управления, ресурсного обеспечения проектов технологического суверенитета. В частности, важно передавать имеющийся передовой опыт из одной отрасли в другую, часто не связанную технологически. Важно укрепление связей в области проектирования производственных систем на основе принципов технологического суверенитета с профильными университетами и НИИ в области оценки качества проектов НИОКР.

Степень разработанности темы исследования.

Проблематика интегрированных систем менеджмента в цепях поставок продукции в промышленности, в процессе организации производства и решения задач реализации проектов технологического суверенитета, оценки их качества, выявления принципов совершенствования форм управления и организации производства представлена в исследованиях таких ученых, как: Академики РАН Мешалкин В. П., Окрепилов В. В.; доктора наук Айдаров Д. В., Будкин Ю. В., Нургалиев Р. К., Тушавин В. А., Фролова Е. А., Хаймович И. Н., Шинкевич А. И. и др. В исследованиях зарубежных авторов – Boussabeur M. T., Edler J., Lopez-Figueroa J. C., Miles M., Covin J. – также затронута проблема обеспечения технологического суверенитета отраслей и предприятий промышленности в условиях трансформационных процессов.

Актуальные вопросы методологии создания и совершенствования интегрированных систем менеджмента в цепях поставок отражены в фундаментальных работах докторов наук Бочкарева А. А., Бром А. Е., Васильева В. А., Малевича Ю. В., Наркевича М. Ю., Одинокова С. А., Омельченко И. Н., Солодовникова В. В. и др.

Различные методы и инструменты управления качеством и организации производства (включая структурирование функции качества, бережливое производство, методологию FMEA, классические и «семь новых» инструментов

контроля качества) нашли глубокое отражение в научных трудах Адлера Ю. П., Бабушкина В. М., Бойцова В. В., Галимова Ф. М., Гличева А. В., Ефимова В. В., Извекова Ю. А., Кане М. М., Козловского В. Н., Малышевой Т. В., Пивоваровой К. Т., Рахманова М. Л. и др.

Вопросам стандартизации факторов реализации проектов технологического суверенитета на всех этапах жизненного цикла промышленной продукции посвящены исследования докторов наук Аронова И. З., Белобрагина В. Я., Бурого А. С., Гусевой Т. В., Пантюхина О. В., Переборовой Н. В., Позднеева Б. М. и др.

Нормативно-техническая документация в области машиностроительной промышленности представлена следующими основными документами: Федеральный закон от 8 января 1998 г. № 10-ФЗ «О государственном регулировании развития машиностроительной промышленности (с изменениями и дополнениями)»; Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 года № 1693-р «О комплексной программе развития машиностроительной отрасли Российской Федерации до 2030 года (с изменениями и дополнениями)»; Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 303 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие машиностроительной промышленности».

Однако, несмотря на глубокую проработанность общих вопросов управления качеством продукции, научно-практический задел в области сквозной интеграции систем менеджмента качества в цепях поставок остается недостаточным. В частности, требуют детального исследования особенности функционирования научно-исследовательских звеньев, классификация стандартов управления качеством производственных процессов и развитие комплексных программных решений в сфере СМК. Данный дефицит методологического инструментария сдерживает полноценную реализацию проектов технологического суверенитета в машиностроении, что предопределяет необходимость развития теоретического и прикладного фундамента стандартизации, менеджмента качества и организации производства в исследуемой сфере.

Цель и задачи исследования.

Целью диссертационной работы является методологическое обоснование и разработка комплексного инструментария развития интегрированных систем менеджмента, направленных на интенсификацию межотраслевого взаимодействия и эффективную организацию производства в машиностроительных цепях поставок как фундаментальной основы достижения технологической независимости.

Для достижения поставленной цели необходимо реализовать **задачи** исследования:

- разработать архитектуру интегрированной системы менеджмента на уровне цепей поставок машиностроительных предприятий, ориентированную на обеспечение технологической локализации производства, на основе выявления современных тенденций развития интегрированных систем менеджмента;
- разработать графическую модель цифровой платформы управления единым информационным пространством для организации межотраслевого обмена данными и развить существующие варианты функционала программных продуктов поддержки системы менеджмента качества с целью обеспечения технологической локализации производства;
- провести математическое моделирование ключевых факторов качества межотраслевого взаимодействия в цепях поставок предприятий машиностроительной промышленности для идентификации основных факторов технологического развития при выработке управленческих решений по обеспечению технологической локализации производства;
- разработать методику оценки эффективности реализации интегрированной системы менеджмента в цепях поставок как комплексного инструмента мониторинга и оценки качества межотраслевого взаимодействия;
- разработать систему локальных стандартов с определением приоритетности их внедрения по стадиям машиностроительного производства, позволяющую выстраивать устойчивую и безопасную производственную систему для обеспечения технологической локализации производства;

– апробировать разработанный инструментарий в процессе обеспечения технологической локализации машиностроительного производства.

Объект диссертационного исследования.

Объектом диссертационного исследования выступают цепи поставок машиностроительной продукции, объединяющие промышленные предприятия, научно-исследовательские институты, университеты, инжиниринговые центры и др.

Предметом диссертационного исследования являются методы и инструменты развития интегрированных систем менеджмента и организации производства машиностроительной продукции на уровне цепей поставок.

Соответствие исследования паспорту научной специальности.

Диссертация выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (технические науки) в пунктах: 4. Инновации при разработке, развитии, цифровизации систем менеджмента качества (СМК) предприятий и организаций; 6. Методы стандартизации и управления качеством в CALS-технологиях, автоматизированных, цифровых производственных системах; 11. Создание и развитие систем менеджмента, в том числе интегрированных (ИСМ) на основе ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и смежных отраслевых международных и отечественных стандартов; 19. Разработка и реализация принципов производственного менеджмента, включая подготовку и совершенствование форм управления и организации производства; 20. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов; 23. Разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке методологии и инструментария развития интегрированных систем ме-

менеджмента на уровне цепей поставок, позволяющих повысить качество межотраслевого взаимодействия и улучшить организацию производства в машиностроительной промышленности при реализации проектов технологического суверенитета.

Содержание научной новизны представлено следующими научными результатами:

1. Сформулированы концептуальные методологические подходы к проектированию и внедрению интегрированных систем менеджмента в цепях поставок, адаптированные к специфике машиностроительного производства, *отличающиеся* от существующих подходов учетом специфики цепей поставок для обеспечения проектов технологического суверенитета, конвергенцией стандартов качества, безопасности и партнерства, применением процессного, системного и риск-ориентированного подходов, *позволяющие* сформировать для всех участников единые стандарты качества в области поставляемого сырья, материалов, компонентов и готовой продукции; унифицировать методы контроля и оценки; создать информационную систему для обмена данными о качестве, что позволит обеспечивать оперативный доступ к информации о качестве продукции на всех этапах производства и, как следствие, своевременно выявлять, устранять и предотвращать проблемы (*п. 11. Создание и развитие систем менеджмента, в том числе интегрированных (ИСМ) на основе ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и смежных отраслевых международных и отечественных стандартов*).

2. Разработана цифровая платформа управления единым информационным пространством для интегрированного взаимодействия предприятий и организаций в условиях реализации проекта технологического суверенитета, *отличающаяся* возможностью осуществлять межпрограммный обмен данными на всех этапах жизненного цикла продукции в цепи поставок, включая участников информационного обмена, средства, модули, стандарты и схемы взаимодействия, *позволяющая* развить существующие варианты функционала программ-

ных продуктов поддержки системы менеджмента качества, применять отечественные стандарты и технологии при проектировании и производстве, автоматически формировать технологические карты с учетом доступного отечественного оборудования и оснастки, моделировать и оптимизировать производственные процессы для снижения зависимости от импортных технологий, решать задачи управления несоответствующей продукцией предприятий машиностроительной промышленности, что в совокупности обеспечивает синергетический эффект в повышении надежности сквозных процессов создания ценности и минимизации операционных рисков в цепях поставок (*п.4. Инновации при разработке, развитии, цифровизации систем менеджмента качества (СМК) предприятий и организаций Паспорта специальности 2.5.22; п. 6. Методы стандартизации и управления качеством в CALS-технологиях, автоматизированных, цифровых производственных системах Паспорта специальности 2.5.22*).

3. Проведено математическое моделирование ключевых факторов, определяющих качество межотраслевого взаимодействия в цепях поставок машиностроительной продукции, *отличающееся* учетом межотраслевого характера связей, многофакторной оценкой качества межотраслевого сопряжения, ориентацией на задачу технологической локализации, *позволяющее* идентифицировать основные технологические составляющие и их показатели, оказывающие наибольшее воздействие на качество межотраслевого взаимодействия и требующие первоочередного внимания при принятии управленческих решений с целью обеспечения технологической локализации производства (*п.19. Разработка и реализация принципов производственного менеджмента, включая подготовку и совершенствование форм управления и организации производства Паспорта специальности 2.5.22*).

4. Разработана методика оценки эффективности реализации интегрированной системы менеджмента в цепях поставок в качестве комплексного инструмента мониторинга и оценки качества межотраслевого взаимодействия, *отличающаяся* унифицированным подходом ко всем участникам цепочки со-

здания ценности, переходом от контроля качества продукта к контролю качества взаимодействия между участниками, *позволяющая* обеспечить объективность управления через измеримые показатели, оценить эффективность каждого участника цепи поставок, определить «узкие места» в межотраслевом взаимодействии, планировать развитие степени локализации через научный задел, промышленную базу и кадровые ресурсы *(п.23. Разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами).*

5. Разработан организационно-методический инструментарий формирования системы локальных стандартов, базирующийся на алгоритме их иерархического ранжирования по этапам машиностроительного производства, *отличающийся* применением риск-ориентированного подхода, использованием принципа селективной приоритетности, в соответствии с которым выбор конкретного стандарта детерминирован уровнем технологического риска на каждой стадии производственного процесса, интеграцией различных областей менеджмента в единую матричную систему, *позволяющий* нивелировать риски, оптимизировать распределение управленческих ресурсов, минимизировать вероятность критических сбоев при импортозамещении и обеспечивать стабильность качества выпускаемой продукции в условиях смены технологических цепочек и локализации производства *(п. 11. Создание и развитие систем менеджмента, в том числе интегрированных (ИСМ) на основе ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и смежных отраслевых международных и отечественных стандартов; п. 20. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов).*

Теоретическая и практическая значимость исследования.

В рамках исследования развивается теория организации сетевых производственных систем, интегрированных систем менеджмента в цепях поставок продукции при реализации проектов технологического суверенитета, включая стандартизацию взаимодействия бизнес-процессов разных сфер, основанных на принципе сетевого взаимодействия и принципе конвергенции.

Развитие получили теоретические аспекты управления процессами технологической локализации производства предприятий машиностроительной промышленности, которые необходимо внедрить в существующие системы организации производства и управления качеством продукции, стандарты функционирования производственных систем в машиностроении.

Практическая значимость исследования состоит в выявлении латентных закономерностей организации суверенных технологических систем в машиностроительной промышленности, моделировании бизнес-процессов ее обеспечения, стандартизации изменений интегрированных систем менеджмента, модернизации ряда методик и инструментов управления качеством производства продукции. Основные предложения апробированы в деятельности предприятий машиностроительной промышленности, на основе предложений сформированы направления совершенствования стратегий их инновационного развития, что подтверждено справками о внедрении.

Методология и методы исследования.

Базой проведенного исследования послужили методологические положения теории организации производства, теории интегрированного управления качеством производства и продукции, теории сетевых организаций, принципы и методы повышения эффективности функционирования производственных систем, концепции технологического развития промышленных систем.

При проведении исследования использовались ключевые теоретические положения, содержащиеся в трудах современных отечественных и зарубежных ученых, посвященных развитию систем менеджмента качества, оценке интеграции систем управления, а также менеджменту качества продукции и процессов производства в условиях реализации программ импортозамещения и технологической локализации производства.

Методической базой исследования послужила совокупность методов на основе системного подхода к изучению вопросов по тематике исследования. С целью выявления закономерностей и анализа состояния проблем использованы методы анализа и синтеза, причинно-следственных связей, формализации; при

оценке управления качеством процессов использовались стохастические методы – корреляционно-регрессионный анализ, факторный анализ, кластерный анализ, экстраполяция; при проектировании и моделировании процессов обеспечения технологической локализации производства применено логико-информационное моделирование в нотации IDEF₀.

Информационной базой исследования выступили нормативно-правовые акты, программы развития федерального и регионального уровня, регламентирующие стратегию преобразования машиностроительной промышленности Российской Федерации. Также она представлена данными, размещенными на официальных сайтах Федеральной службы государственной статистики, НИУ ВШЭ, Организации экономического сотрудничества и развития, официальной отчетностью анализируемых промышленных предприятий, технологических платформ, информацией с официальных сайтов профильных министерств, предприятий, а также научными публикациями по тематике исследования (диссертации и авторефераты диссертаций, монографии, научные статьи).

Положения, выносимые на защиту:

1. Интегрированная система менеджмента в цепях поставок предприятий машиностроительной промышленности.
2. Модель цифровой платформы управления единым информационным пространством для организации межотраслевого обмена данными.
3. Математическая модель исследования ключевых факторов качества межотраслевого взаимодействия в цепях поставок предприятий машиностроительной промышленности.
4. Методика оценки эффективности реализации интегрированной системы менеджмента в цепях поставок машиностроительной продукции.
5. Система локальных стандартов с определением приоритетности их внедрения по стадиям машиностроительного производства для обеспечения технологической локализации производства.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Достоверность научных результатов подтверждается глубоким анализом научной литературы по совершенствованию системы обеспечения технологического суверенитета предприятий машиностроительной отрасли. Результаты построены на известных и проверяемых данных и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации.

Достоверность также подтверждается проведением моделирования явлений и процессов в рамках объекта исследования диссертации, использованием современных методик сбора и анализа информации о деятельности предприятий машиностроительного комплекса, научной апробацией теоретических положений и идей, содержащихся в диссертации, в рамках публикаций в рецензируемых журналах из перечня ВАК, публичных выступлений на научных конференциях различного уровня, российских грантов на проведение НИР.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на научно-практических международных и всероссийских конференциях: «Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков», г. Москва, 2025 г.; «Эффективность инженерных систем и энергосбережение», г. Брест, 2025 г.; «Эффективное обеспечение прогресса в машиностроении: поиск решений», г. Махачкала, 2025 г.; «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий», г. Казань, 2025 г.; Международная научно-практическая конференция им. Д.И. Менделеева, г. Тюмень, 2025 г.; «Современные проблемы машиностроения», г. Томск, 2024 г.; «Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов», г. Санкт-Петербург, 2023г.; «Научные исследования современных ученых», г. Москва, 2023г.; «Современные наука и образование: достижения и перспективы развития», г. Москва, 2023г.; «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок», г. Казань, 2023г.; «Актуальные вопросы современной науки и образования», г. Пенза, 2022г.; «Развитие науки и образования: новые подходы и актуальные исследования», г. Анапа, 2021г.; «Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов», г. Москва, 2021г.; «Управление

качеством», г. Москва, 2021г., 2019г.; «Современные исследования в гуманитарных и естественно-научных отраслях», г. Москва, 2020г.; «Актуальные проблемы науки о полимерах», г. Казань, 2020г.; «Вопросы преобразования экономических взглядов в XXI веке: время перемен», г. Казань, 2020г.; «Передовые научно-технические и социально-гуманитарные проекты в современной науке», г. Москва, 2019г.; «Техническое регулирование в едином экономическом пространстве», г. Екатеринбург, 2018г.; «Нефть и газ Западной Сибири», г. Тюмень, 2015г.

Результаты диссертационного исследования нашли отражение: в научно-исследовательской работе «Проведение инструментального анализа образцов материалов, полупродуктов и отходов» (договор № 024–28/ВБ (78–24) от 30 мая 2024г.); в процессной модели реализации проекта технологического суверенитета в машиностроительной отрасли (2025г.); в алгоритме выявления «барьеров» и «узких мест» выполнения проектов технологического суверенитета и их стандартизации с учетом жизненного цикла (2025г.); в рамках архитектуры системы менеджмента качества в цепи поставок машиностроительной продукции (2025г.); и в виде следующих опытно-практических разработок: комплексной апробации на базе ведущего научно-исследовательского и проектно-конструкторского института компрессорного машиностроения (выступившего в качестве фокусного объекта исследования); практического внедрения программного модуля поддержки интегрированной системы менеджмента качества в деятельности федерального казённого предприятия химической и оборонной промышленности; теоретических положений и прикладного математического аппарата диссертации, связанных с моделированием ключевых факторов качества межотраслевого взаимодействия в научно-исследовательской и опытно-технологической деятельности головного института авиационных технологий нашли применение; внедрения организационно-методического инструментария формирования системы локальных стандартов на предприятии точного машиностроения; цифрового алгоритма автоматизации процессов управления несоот-

ветствующей продукцией на инновационном приборостроительном и машиностроительном предприятии; модели интеграции участников единого информационного пространства и концепции конвергенции стандартов в экспертно-аналитической и координационной деятельности регионального промышленного холдинга, координирующего кооперацию нефтегазохимического и машиностроительного секторов.

Таким образом, разработанные в диссертации результаты в виде теоретических положений, алгоритмов и программно-методических комплексов прошли всестороннюю производственную апробацию и были успешно внедрены в практику деятельности ряда крупных промышленных предприятий, научно-исследовательских институтов и отраслевых объединений машиностроительного, оборонно-промышленного и смежных высокотехнологичных секторов экономики, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» при подготовке магистров по направлениям «Управление качеством» и «Стандартизация и метрология», в том числе в рамках образовательных программ Передовой инженерной школы, что подтверждено соответствующими справками.

Публикации.

По теме исследования опубликовано 86 научных работ общим объемом 47,8 печ. л. (с авторским участием 33,5 печ. л.), из них 35 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации – «Омский научный вестник», «Петербургский экономический журнал», «Известия Самарского научного центра Российской академии наук», «Компетентность», «Инновации в менеджменте», «Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова», «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение», «Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», «Вестник Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии», «Контроль. Диагностика», 7 публикаций в изданиях, которые входят в

международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus, 1 монография, 3 свидетельства о регистрации электронных ресурсов.

Структура и объем работы.

Диссертационное исследование состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы; содержит 109 рисунков, 74 таблиц. Список литературы состоит из 306 наименований. Общий объем работы – 525 страниц, основной текст диссертации – 484 страниц.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА НА УРОВНЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1 Системный анализ процессов информационного обеспечения как основы цифровизации системы менеджмента качества предприятий машиностроительной промышленности

Развитие рынка глобальной конкуренции поставило перед производителями машиностроительной отрасли жесткие требования к качеству выпускаемой продукции, уровню ее конкурентоспособности и эффективности производства в целом. Дефицит информационных ресурсов, способных аккумулировать данные и их интерпретировать для принятия актуальных управленческих решений на уровне цепей поставок, в том числе по вопросам оценки повышения результативности процессов производства и управления не позволяет надеяться на рост эффективности управления качеством на рабочих местах в производстве в машиностроительной отрасли.

Для обеспечения устойчивого развития машиностроительного комплекса Российской Федерации в условиях санкционного давления и необходимости достижения уровня технологической локализации требуется глубокая диагностика системных барьеров, сдерживающих рост эффективности производства. Анализ текущего состояния отрасли, проведенный в рамках диссертационного исследования, позволил выявить комплекс взаимосвязанных проблем, которые носят не локальный, а межотраслевой характер. Данные проблемы классифицированы по трем ключевым направлениям: недостаточный уровень технологической локализации, дефицит ресурсов (материальных, кадровых, инфраструктурных), а также системные негативные последствия для смежных отраслей

промышленности, возникающие вследствие нарушения кооперационных связей. Ниже представлена детальная характеристика выявленных проблемных аспектов.

1. Низкий уровень технологической локализации и дефицит управления сквозными процессами. Сдерживающим фактором развития выступает низкий уровень технологической локализации, который обусловлен не столько отсутствием производственных мощностей, сколько слабой управленческой и методологической базой. Ключевыми аспектами здесь являются:

- отсутствие комплексного подхода к управлению сквозными процессами в цепях поставок. Управление фрагментировано по отдельным функциям, что не позволяет достичь синергии при взаимодействии поставщиков разных уровней;

- недостаточный уровень межотраслевого взаимодействия, координации и синхронизации. Нарушены горизонтальные связи между металлургией, химической промышленностью, электроникой и машиностроением, что приводит к рассогласованию планов производства и поставок;

- отсутствие стандартизации в области межотраслевого взаимодействия. Единые требования к качеству, срокам и форматам передачи данных между отраслями-смежниками либо отсутствуют, либо носят рекомендательный характер;

- отсутствие единого межотраслевого информационного пространства. Цифровая изоляция предприятий не позволяет обеспечить прозрачность движения материальных потоков и оперативно реагировать на изменения конъюнктуры.

2. Ресурсные ограничения и технологическая зависимость.

Вторая группа проблем связана с острым дефицитом критически важных ресурсов и технологий, что создает высокие риски для непрерывности производственного цикла:

- недостаточный уровень качества продукции. Высокий процент дефектов, брака и несоответствий техническим требованиям обусловлен как износом оборудования, так и нестабильностью свойств поступающих материалов;

- недостаточное развитие отечественной компонентной базы. Сохраняется высокая зависимость от импорта технически важных комплектующих, не имеющих прямых аналогов в РФ;

- инфраструктурные и технологические барьеры. Предприятия сталкиваются со сложностями при ремонте имеющегося импортного оборудования, приобретении нового, а также с проблемами лицензирования и обновления специализированного программного обеспечения, что ведет к технологическому отставанию;

- дефицит квалифицированных специалистов. Наблюдается нехватка инженерно-технических кадров, способных работать с высокотехнологичным оборудованием и реализовывать проекты импортозамещения в условиях цифровой трансформации.

3. Системные последствия для межотраслевого взаимодействия.

Накопление вышеуказанных проблем приводит к негативным эффектам, выходящим далеко за пределы самого машиностроения, формируя «системный кризис» в смежных отраслях:

- срыв сроков поставок оборудования. Нестабильность работы машиностроительных предприятий напрямую провоцирует срывы инвестиционных циклов и вводов мощностей в нефтегазовом комплексе (НХК), топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), строительстве и агропромышленном комплексе (АПК);

- замедление модернизации смежных отраслей. Из-за отсутствия надежного отечественного поставщика оборудования ключевые потребители вынуждены консервировать устаревшие технологические схемы;

- рост системных издержек. Транзакционные издержки по всей технологической цепочке увеличиваются за счет необходимости поиска «серых» схем

импорта, удлинения логистических маршрутов и увеличения запасов незавершенного производства для компенсации нестабильности поставок.

Таким образом, совокупность представленных факторов свидетельствует о необходимости разработки новой методологии управления, ориентированной на синхронизацию сквозных процессов и стандартизацию межотраслевого взаимодействия в условиях жестких ресурсных ограничений.

Представленный выше анализ проблем машиностроения показывает, что недостатки в области локализации и межотраслевого взаимодействия имеют единую природу – отсутствие системного управления сквозными процессами. В этой связи преодоление выявленных барьеров требует смещения фокуса с управления результатом (продукцией) на управление процессами его формирования, что обусловлено объективной закономерностью организации производства.

Взаимосвязь между качеством продукции и качеством процессов является фундаментальной и причинно-следственной: качество продукции – это прямое следствие и результат качества процессов. Высокое качество конечной машиностроительной продукции не может быть достигнуто эпизодически или исключительно за счет выходного контроля; оно детерминировано стабильностью, точностью и управляемостью всех производственных, управленческих и вспомогательных процессов в цепи поставок. Таким образом, качество процессов выступает гарантом и несущей конструкцией качества продукции, где управление процессами (их стандартизация, мониторинг и непрерывное совершенствование) является единственным эффективным способом обеспечения воспроизводимого высокого качества готовых изделий в условиях требований технологического суверенитета.

Несмотря на то, что существует унифицированная система документации системы менеджмента качества, большинство предприятий машиностроительной отрасли сталкиваются с совокупностью недостатков в ее использовании. Среди них наиболее распространены следующие:

- большая масса документации, обрабатываемая в ручном режиме;

- дублирование показателей в документах;
- работа с большим массивом документов, которая сокращает время на выполнение функциональных обязанностей специалистов и управленцев на рабочих местах;
- формирование показателей, которые создаются, но не используются в аналитических или управленческих целях;
- дублирование процессов, документов, функциональных и должностных обязанностей;
- несоответствие между системами управления качеством, требованиям экологических стандартов, производственной безопасностью при их независимом внедрении;
- отсутствие единства восприятия системы менеджмента качества на уровне высшего руководства, что затрудняет вопросы стратегического планирования;
- большой период времени внедрения группы стандартов на промышленном предприятии;
- высокая трудоемкость и ресурсоемкость при независимом внедрении группы стандартов и т.п.

В этой связи информационное обеспечение системы менеджмента качества в машиностроительной отрасли видится как ключевая задача, способная повысить эффективность управления предприятия и цепи поставок в целом.

В настоящее время базовым стандартом информационного обеспечения системы менеджмента качества на промышленном предприятии можно назвать ГОСТ Р 53624–2009 Информационные технологии. Информационно-вычислительные системы. Программное обеспечение. Системы менеджмента качества [59]. Данным стандартом прописываются требования к сертификации систем менеджмента качества организаций, разрабатывающих программное обеспечение для информационно-вычислительных систем, в последующем внедряемых на промышленных предприятиях. Следует указать, что данный стандарт взаимозависим и взаимодополняет такие государственные стандарты, как ГОСТ Р

ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования [80], ГОСТ Р ИСО 9004–2019 Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации [82] и ГОСТ Р ИСО 19011–2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента» [73].

В настоящее время важным требованием в вопросах функционирования промышленного предприятия является документальный характер информационного обмена между внутренними и внешними пользователями информации. В этой связи представляется логичным то, что эффективность информационно-коммуникационных каналов должна быть основана на автоматизированной системе документооборота, которая учитывает особенности и специфику информационного обмена между структурными подразделениями, сотрудниками и другими участниками данного процесса, даже находящимися за границами промышленного предприятия, но в пределах цепи поставок.

Поясним толкование термина «информационное обеспечение». Например, в определении Сысоевой С. В. указывается, что информационное обеспечение представляет собой совокупность управляемых технологических, технических, экономических и социальных процессов на основе применения информационно-компьютерных технологий, которые формируются в условиях для последующего приобретения, обработки, анализа, хранения, интерпретации и диффузии информационных потоков [228]. Рядом исследователей были приняты попытки объяснить влияние информационного обеспечения на функционирование системы менеджмента качества промышленного предприятия [23,180,232]. В технических системах информация обеспечивает движение и взаимодействие материи, при этом она также сама является подвижной и осуществляет взаимодействие с другой информацией. Например, в исследованиях Ксензова В. Э. и Ксензова С. В. изучается взаимосвязь энергии и информации, что позволило ученым сформировать концепцию интеллектуальной энергии, которая связана с действием механизмов восприятия, хранения, обработки и использования информации [146]. Здесь прослеживается постулат взаимосвязи

энергии и информации. Однако другая группа исследователей правомерным считает указать на определение информации как интенсивности движения энергии [136]. В определении Борисова В. И. информационное обеспечение выступает как вид энергии (неопределенность) для заданного процесса различной природы. Особо подчеркивается, что при росте информации в одной точке системы в другой точке системы не происходит ее уменьшение для сохранения целостности системы с позиции ее информационного обеспечения [30].

Таким образом, информационное обеспечение можно рассматривать как фактор, оказывающий влияние на систему менеджмента качества промышленного предприятия. Данные факторы детерминированы границами системы (промышленного предприятия) и носят экзогенный и эндогенный характер. Среди факторов экзогенного характера, оказывающих влияние на функционирование системы менеджмента качества промышленного предприятия, можно выделить следующие:

- природно-климатические: доступ к ресурсам, природно-климатические условия ведения деятельности и т.п.;
- логистические: доступность участников цепей поставок, наличие коммуникаций, транспорта и т.п.;
- доступ к ресурсам знаний: присутствие в организации открытого доступа к базам знаний, банкам данных в области менеджмента качества и т.п.

Факторы эндогенного характера являются однородными по своему составу благодаря тому, что воздействия экзогенного характера на основе системной самоорганизации из энтропии образуют открытые системы. Следовательно, согласимся с мнением ученых, которые полагают, что управление системой менеджмента качества на промышленном предприятии – это совокупность внешних воздействий, которые в совокупности повышают энергию системы и уровень ее адаптивности посредством снижения энтропии благодаря достижению баланса внутренней и внешней саморегуляции системы. Управление системой менеджмента качества на промышленном предприятии преследует целью опре-

деление взаимосвязи и закономерностей между изменениями входных и выходных материальных и информационных потоков с целью достижения устойчивого функционирования системы менеджмента качества благодаря оптимизации параметров входных и выходных материальных и информационных потоков [104,160]. Заслуживает внимания разработанный в исследованиях Дзедика В. А. алгоритм совершенствования информационного обеспечения систем менеджмента качества промышленного предприятия [105]. Он примечателен тем, что обладает высоким уровнем структуризации, поскольку учитывает два ключевых принципа совершенствования: цикл постоянного улучшения Шухарта-Деминга PDCA (Plan-Do-Check-Act: Планируй-Осуществляй-Проверяй-Улучшай) и концепцию бережливого производства циклу DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control: Определяй-Измеряй-Анализируй-Улучшай и Контролируй).

Важно отметить, что исследователями подчеркивается особенность смены парадигм управления процессами информационного обеспечения системы менеджмента качества на промышленных предприятиях, связанных с движением от элементного подхода (для определенной функции) к процессному подходу, где на первый план выходят такие вопросы управления, как риск-менеджмент, управление знаниями и управление информацией. В настоящее время в связи с развитием индустрии 4.0 также наблюдается трансформация моделей управления, ознаменованная переходом к управлению сложными структурированными совокупностями знаний и их обладателями на уровне цепей поставок.

Таким образом, информационное обеспечение представляет собой процесс решения определенных задач пользователя, необходимых для реализации их основных функций. Кроме того, важным видится обеспечение качественного обмена информации между пользователями – владельцами процессов на основе использования специальных средств ее получения, методов обработки и способов агрегации с последующей выдачей пользователю. Обеспечение продуктив-

ности информационного обмена между пользователями основано на строгих законах курсирования информационных потоков, алгоритмах получения информации и условиях их фильтрации [120,207,249].

В исследованиях по вопросам информационного обеспечения системы менеджмента качества авторами уделяется внимание необходимости интеграции стандартов, которые внедряются на промышленном предприятии, что позволяет говорить о преимуществах интегрированной системы менеджмента, среди которых следует указать такие, как:

- сокращение издержек по разработке, внедрению и поддержке функционирования системы менеджмента качества;
- учет требования разного рода систем менеджмента в единой информационной системе;
- формирование единой системы менеджмента;
- повышение оперативности внедрения и адаптации системы менеджмента к условиям деятельности предприятия;
- сокращение временных и финансовых затрат на проведение внутреннего аудита;
- повышение обучаемости сотрудников, рост их профессиональных компетенций;
- повышение уровня заинтересованности в совместной работе со стороны потребителей, инвесторов и других участников цепи создания продукции [1,29].

В вопросах информационного обеспечения системы менеджмента качества машиностроительной отрасли одним из важнейших направлений работы, учитывая широкую спецификацию выпускаемой продукции, уровень ее технологической сложности и комплектности, является совершенствование системы менеджмента качества производителей комплектующих для машиностроительной отрасли посредством разработки дополнительных элементов информационных ресурсов на подготовительной фазе производственного процесса с по-

следующим использованием в серийном производстве для оценки уровня качества комплектующих, деталей, агрегатов и запасных частей, в том числе в вопросах процедур оценки качества комплектующих со стороны заказчика (потребителя продукции). В этой связи интересным видится предложение по использованию систематизированного комплекса контрольных характеристик технологического перехода, включающего показатели точности модулей оборудования и оснастки, индикаторы по наладке технологических переходов, по оценке вклада характеристик в отклонения значений единичного ключевого показателя качества изделия, что позволило разработать метод информационно-технологического сопровождения качества комплектующих и изделий (рисунок 1.1.1).

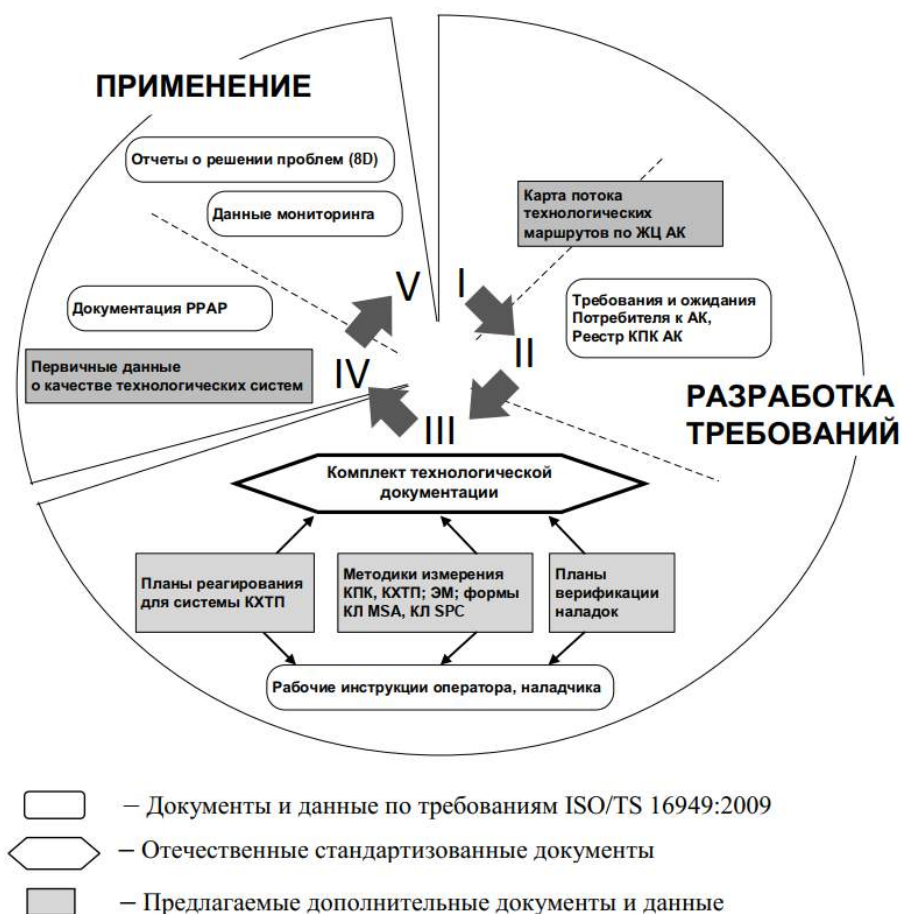


Рисунок 1.1.1 – Документооборот информационно-технологического сопровождения качества комплектующих изделий (ЖЦ – жизненный цикл; КПК – ключевых показателей качества; КХТП – контрольные характеристики технологических переходов; ЭМ – эмпирические модели процессов; КЛ – контрольные листы; АК – автомобильные комплектующие) [25]

Полагаем, что разработка и внедрение информационного обеспечения системы менеджмента качества предприятий машиностроительной отрасли должны определяться на стратегическом уровне развития информационной подсистемы предприятия. Основными задачами информационного обеспечения системы менеджмента качества предприятий машиностроительной отрасли выступают:

- обеспечение многопользовательской работы с документами участников процесса создания продукции на всех этапах ее жизненного цикла;
- автоматизация процедур контроля, учета, анализа и аудита процессов производства и управления на основе установленных критериев показателей;
- фильтрация документов системы менеджмента качества на основе совершенствования нормативной базы;
- агрегация результатов аудита системы менеджмента качества;
- автоматизация процедур проверки систем менеджмента качества, обеспечение хранения и обработки их результатов;
- определение эффективности работы системы менеджмента качества для разработки путей по ее усовершенствованию.

Стандартная структурно-логическая схема информационного обеспечения системы менеджмента качества промышленного предприятия должна быть основана на требованиях ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [79]. В данной информационной системе достигается коллаборация документов предприятия, которые выделяются, исходя из разделов стандарта: система менеджмента качества, ответственность руководителя, управление ресурсами, процессы жизненного цикла, измерение, аналитические функции, пути улучшений (рисунок 1.1.2).

Таким образом, правомерно предположить, что информационное обеспечение системы менеджмента качества предприятий машиностроительной отрасли формирует информационный базис системы принятия управленческих решений в области повышения качества функционирования предприятия.

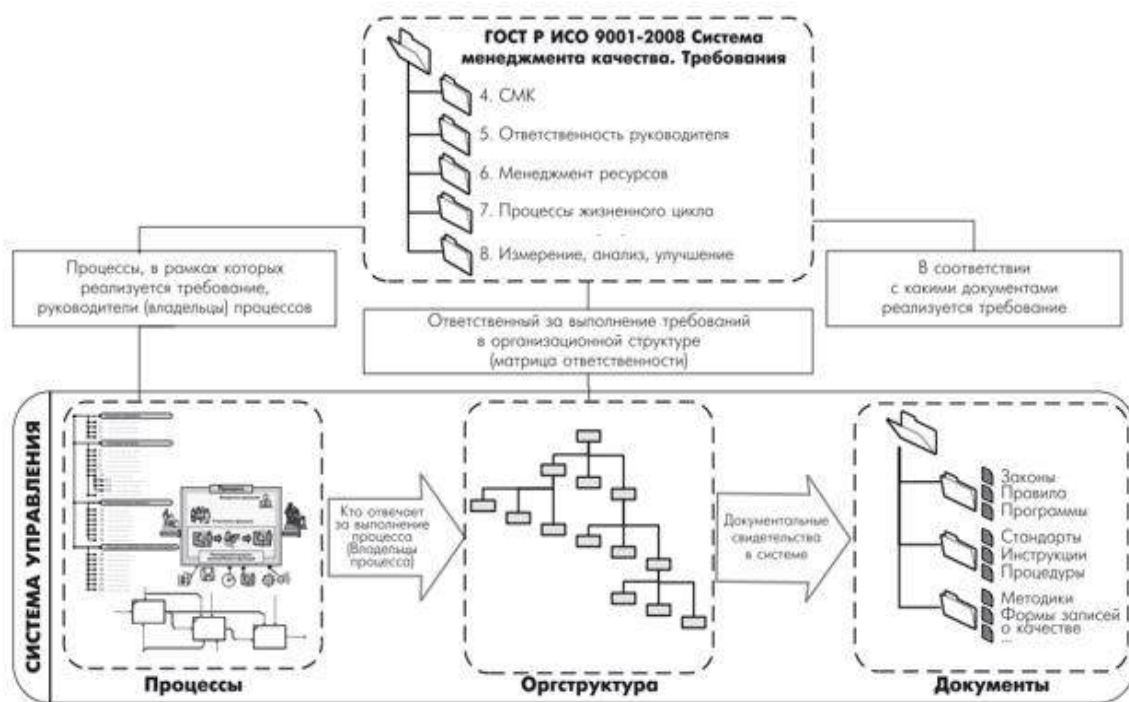


Рисунок 1.1.2 – Структурно-логическая схема информационного обеспечения системы менеджмента качества промышленного предприятия [133]

Согласимся с авторами – Балдин К.В. и Алиев А. Т., которые предлагают выделять в структуре системы принятия управленческих решений следующие элементы:

- базы данных системы менеджмента качества;
- базы знаний о системе менеджмента качества;
- управляющая подсистема (интерпретатор данных);
- пользовательский интерфейс [15].

Ряд исследователей, говоря об информационном обеспечении систем менеджмента качества промышленного предприятия, указывают на необходимость учета такой особенности информационного обмена в сложных открытых системах, к которым относятся предприятия машиностроительной отрасли, как шифрование информации для обеспечения ее конфиденциальности. Однако здесь важно проводить фильтрацию информации по уровню ее достоверности, для чего предполагается использовать встроенные в информационные системы

алгоритмы гомоморфного шифрования, позволяющие шифровать, фильтровать и расшифровывать конфиденциальную информацию [33, 253].

Другие исследователи в рамках тематики агрегирования и использования информации для принятия управленческих решений в области системы менеджмента качества промышленного предприятия указывают на необходимость оптимизации информационных потоков, для чего актуальным видится задача разработки и внедрения алгоритма оптимизации информационных потоков. Один из примеров данного алгоритма представлен на рисунке 1.1.3.

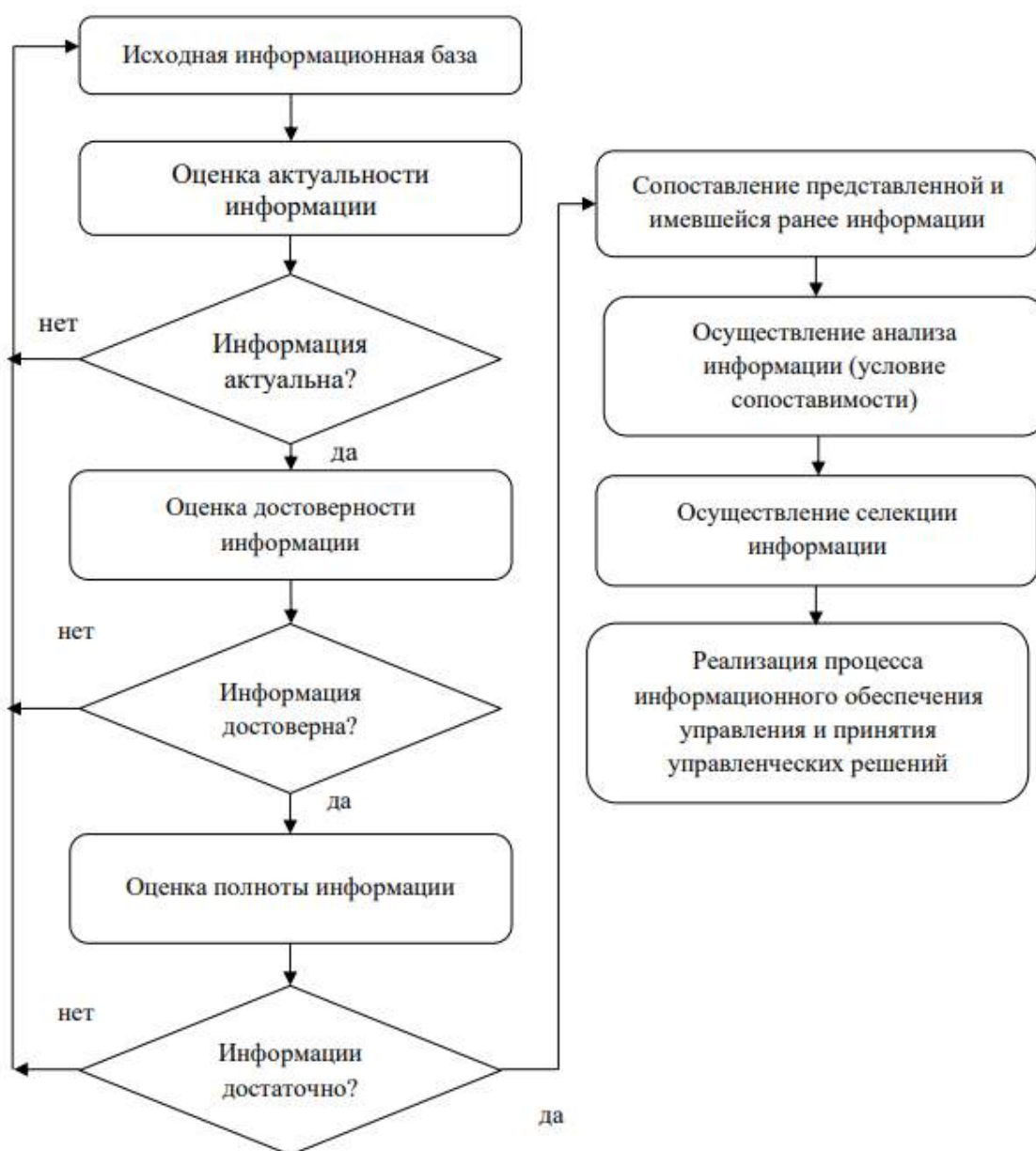


Рисунок 1.1.3 – Алгоритм оптимизации информационных потоков промышленного предприятия при внедрении системы менеджмента качества [22]

Возвращаясь к необходимости и обоснованности использования процессного управления системой менеджмента качества предприятий машиностроительной отрасли, ряд исследователей полагает, что информационному обеспечению системы менеджмента качества должны предшествовать следующие виды работ, последовательность которых отражена на рисунке 1.1.4.



Рисунок 1.1.4 – Этапы процесса сбора и агрегирования данных для создания системы информационного обеспечения менеджмента качества предприятия [128]

В общем виде процесс сбора и агрегирования данных для создания системы информационного обеспечения менеджмента качества предприятия включает:

- анализ существующих процессов в системе менеджмента качества по принципу «как есть»;
- формирование комплекса решений по автоматизации процессов в области менеджмента качества;
- внедрение модели информационного обеспечения системы менеджмента качества предприятия на основе информационно-коммуникационных технологий по принципу «как должно быть» (рисунок 1.1.5).



Рисунок 1.1.5 – Модель информационного обеспечения системы менеджмента качества предприятия на основе информационно-коммуникационных технологий по принципу «как должно быть» [128]

Анализ литературы по информационному обеспечению систем менеджмента качества промышленного предприятия, а также нормативно-правовых актов в данной сфере – ГОСТ Р 54088–2017 Интегрированная логистическая поддержка. Эксплуатационная и ремонтная документация в форме интерактивных электронных технических руководств. Основные положения и общие требования [62]; ГОСТ Р 54089–2018 Интегрированная логистическая поддержка. Электронное дело изделия. Основные положения [63]; ГОСТ 2.001–2023 Единая система конструкторской документации. Общие положения [55]; ГОСТ 2.053–2023 Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Основные положения [56]; ГОСТ 2.531–2023 Единая си-

стема конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Виды преобразований [53]; ГОСТ 2.810–2023 Единая система конструкторской документации. Электронный макет изделия. Общие требования [54] и др. позволил сформировать совокупность информационных технологий, которые могут быть использованы в данной области:

- CALS/ИПТ-технологии (технологии непрерывной поддержки на всех этапах жизненного цикла изделий), которые позволяют проектировать электронное описание системы менеджмента качества предприятия, что дает возможность ускорить процесс агрегации информации для принятия управленческих решений;

- PLM-система, используемая для управления жизненным циклом изделий, которая дает возможность управлять сведениями об изделии на фазе его разработки, производства и введения в эксплуатацию;

- PDM-системы (организационно-техническая система для управления предприятием), функционал которой представлен такими направлениями, как управление процессами, документами, ресурсами, планирование жизненного цикла изделий, мониторинг и анализ и т.п.;

- CAD (САПР)-система, предназначена для автоматизированного проектирования изделий, позволяющая в оперативном режиме проводить моделирование процессов, систем, технологий и изделий;

- Информационная система «Управление качеством – EQM», которая используется для требований стандарта в области качества, преимущественно по вопросам ведения документооборота и проведения внутреннего аудита и др. [3,129,193,253].

Понятие единого информационного пространства является одним из структурообразующих понятий CALS технологий. Создание единого информационного пространства необходимо для обеспечения интеграции автоматизированных систем управления на всех этапах жизненного цикла выпускаемой промышленной продукции участников цепи создания стоимости: промышленного предприятия, поставщиков, потребителей, посредников, инжиниринговых

центров, научно-образовательных, научно-исследовательских организаций и т.д. Единое информационное пространство (ЕИП) обеспечивается посредством унификации форм и содержаний определенных изделий на всех этапах его жизненного цикла. Данная унификация становится возможной посредством использования языков описания информации и стандартных форматов предоставления информационных массивов при обмене межпрограммными документами между предприятиями и при выстраивании системы документооборота (электронного документооборота). При этом под унификацией понимается однозначная верная трактовка данных и информации об определенном изделии посредством разработки (метаописаний) приложений, которые закрепляются в протоколах CALS. Для унифицированного единого описания изделий в CALS пространстве необходимо сформировать перечень атрибутов конкретного изделия по всем этапам его жизненного цикла.

Основу формирования стандартов CALS пространства составляют понятие жизненного цикла изделия, которое состоит из следующих этапов, выполняемых последовательно, либо параллельно-последовательно в зависимости от специфики производственного процесса:

- рыночный анализ и маркетинговые кампании;
- проектирование и разработка изделия;
- проектирование производственных процессов;
- материально-техническое снабжение основными и оборотными средствами;
- промышленное производство;
- внутризаводская транспортировка, упаковка, складирование;
- сбытовая деятельность;
- установка и эксплуатация;
- техническое обслуживание и ремонт, сервисная поддержка;
- эксплуатация и использования;
- утилизация и рециклинг.

В российских условиях отмеченные этапы подвержены требованиям обеспечения уровня технологической локализации, что приводит к возникновению проектов технологического суверенитета на уровне цепей поставок.

Основное положение в стандартах CALS технологий принадлежит стандартам Международной организации стандартизации ISO 10303 (ГОСТ Р ИСО 10303) [69], которые дают руководство по моделированию промышленных изделий на всех этапах его жизненного цикла. Данный стандарт включает совокупность документов, в которых отражаются основные принципы моделирования, языки описания, методы, средства и ресурсы приложений, а также специальные геометрические и топологические модели, процедуры черчения, элементный анализ, прикладные протоколы, методы тестирования изделий и технологических процессов. Центральное место в стандарте ГОСТ Р ИСО 10303 отводится принципам, схемам и способам обмена информационными потоками в виде документов, файлов и других носителей информации, между различными информационными системами, созданными в рамках стандарта по обмену данными об изделии: STEP – standard for the exchange of product data.

Структура стандарта по информационному обмену данными об изделии при создании единого информационного пространства содержит семь основных элементов, каждый из которых несет собственную функцию в информационном обмене (рисунок 1.1.6).

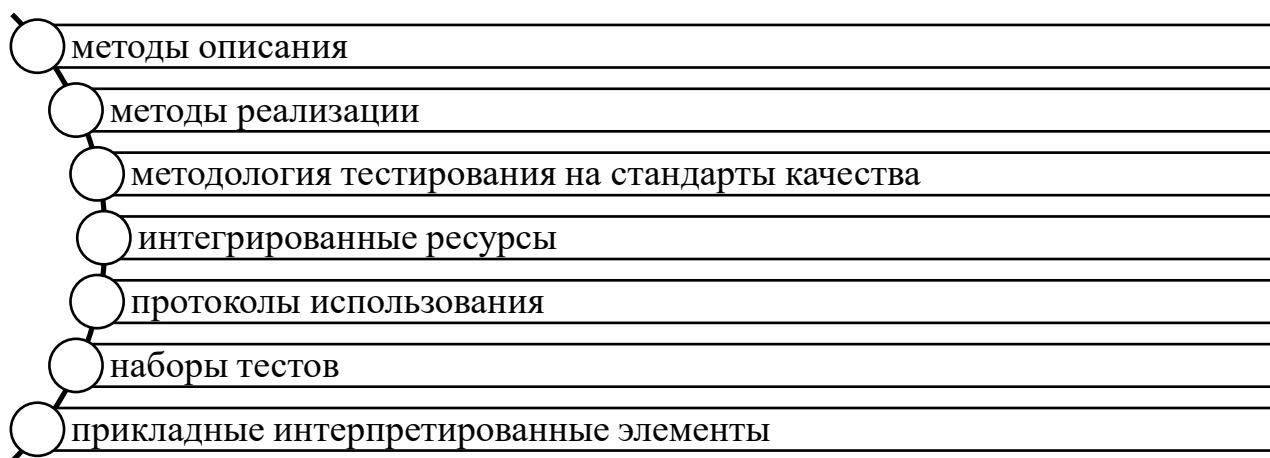


Рисунок 1.1.6 – Элементы стандарта по информационному обмену данными об изделии (обобщено автором)

Морфология структуры стандарта по информационному обмену данными об изделии при создании единого информационного пространства имеет трех-уровневую структуру, где на первом уровне представлен инструментарий, используемый для описания информационного обмена, на втором уровне содержится основная информация об изделии и на третьем уровне содержится информация об изделии применительно к отрасли (машиностроение, судостроение, автомобилестроение и т.п.), которая на основе принципа дополнительно-сти содержит и инструментарий и базовую информацию об изделии (рисунок 1.1.7).

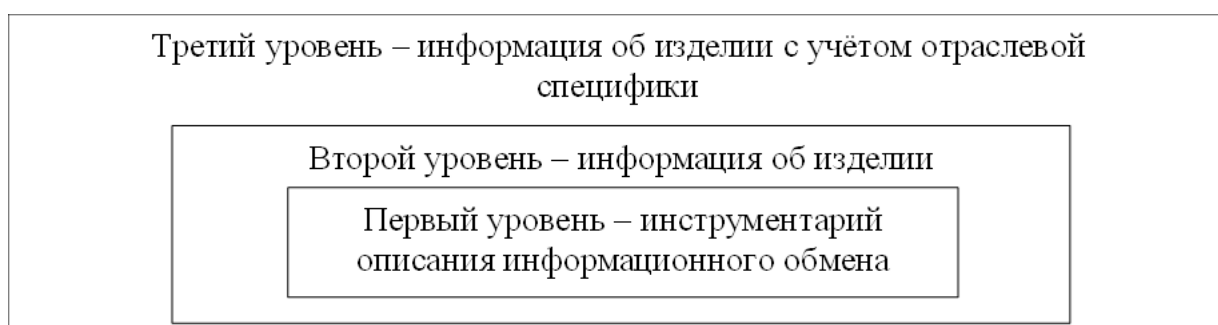


Рисунок 1.1.7 – Морфология структуры стандарта по информационному обмену данными об изделии при создании единого информационного пространства (обобщено автором)

Совершенствование CALS технологий способствовало закреплению в практике управления процессами проектирования, разработки и эксплуатации изделий других стандартов, дополняющих данный стандарт, среди них: ISO 13584 – методология структурирования семейств деталей [70]; ISO 15531 – обмен данными по управлению промышленным производством [72]; ISO 18876 – интеграция промышленных данных для их обмена, обеспечения доступа и коллективного использования [65]; ISO 8879 – интерактивные электронные технические руководства [292] и др.

В условиях развития цифровой экономики актуальность приобретают CALS технологии с документацией, представленной в виде интерактивных

электронных технических средств, к которым предъявляются особые повышенные требования: составление документов в электронном виде, открытый доступ к приложениям и руководствам по ведению, высокая степень интерактивности и управляемости данными, низкие операционные издержки по адаптации созданных документов под новые версии промышленных изделий, высокий уровень адаптивности обучающего материала под требования конкретных предприятий и их цепочек создания стоимости [270]. Классификация документов интерактивных электронных технических руководств представлена на рисунке 1.1.8.



Рисунок 1.1.8 – Классификация интерактивных электронных технических руководств (обобщено автором)

Каждый из классов интерактивных электронных технических руководств имеет свой уровень сложности, характеризуется как положительными сторонами, так и имеет недостатки. Например, бумажно-ориентированные документы позволяют хранить отсканированные копии рукописных текстов в электронном виде, но не имеют возможности проводить их сравнительный анализ. Неструктурированные документы в виде текстовых электронных документов позволяют проводить поиск по тексту документа, имеют графическое отображение, могут содержать аудио и видеофрагменты, но характеризуются ограниченным объемом обработки информационных потоков.

Структурированные документы включают структуру, оформление и содержание, имеют стандартизированный интерфейс, что дает возможность пользователям структурировать обмен информацией, в том числе на предмет соответствия международным и российским стандартам. Однако структурированные документы имеют ограничения при использовании для проектирования и производства сложных промышленных изделий. Данный недостаток преодолевается посредством создания интерактивных баз данных, где формируются технические руководства с большим объемом данных, однако в таких базах данных не предусмотрена диагностика проектируемых и выпускаемых промышленных изделий.

Интегрированные базы данных позволяют осуществлять взаимодействие с электронными модулями диагностики промышленных изделий, что дает своевременную информацию о необходимости ремонтных работ, внепланового технического обслуживания и т.п., однако недостатком руководств данного класса является их дороговизна [143].

Необходимость создания единого информационного пространства для проектирования и производства промышленного изделия на основе использования CALS технологий обуславливается следующими положениями:

- повышение требований к необходимости создания и ведения конструкторской и технологической документации изделия в электронном формате;
- ведение и обмен документацией по эксплуатации и ремонту изделий с использованием интерактивных электронных технических руководств;
- ведение каталогизации продукции с использованием электронной системы;
- внедрение на промышленных предприятиях стандартов менеджмента качества, например, ISO 9001, 14001 и т.п.;
- проведение обширного спектра научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по внедрению CALS технологий и стандартов на промышленных предприятиях;

- развитие рынка CALS технологий, их адаптация под требования и нужды промышленных предприятий согласно отраслевой специфике.

Основными компонентами единого информационного пространства являются следующие:

- информационные ресурсы, которые содержат данные, сведения, агрегированную информацию об изделии или семействе изделий;

- организационные структуры, которые формируют коммуникации, взаимодействие и обмен информационными ресурсами внутри единого информационного пространства;

- средства информационного взаимодействия, представленные программно-техническими устройствами для осуществления информационного обмена внутри единого информационного пространства.

Концептуальные основы создания единого информационного пространства могут быть сведены к таким положениям, как:

- независимость от аппаратных средств;
- базирование на международных и российских внутриотраслевых промышленных стандартах;

- возможность масштабирования системы, ее модификации, дополнения и совершенствования;

- интегрируемость новых и существующих версий приложений;
- обеспечение безопасности и надежности хранения и трансляции данных;

- наличие возможности развивать существующий банк знаний;
- сокращение операционных затрат на разработку и внедрение информационных систем управления промышленным предприятием;

- бесшовная интеграция систем автоматизации управления предприятием, разработки, производства и эксплуатации продукции в рамках комплексной единой интегрированной информационной системы.

Исходным этапом построения единого информационного пространства является единая форма предоставления данных в электронном виде, возможность ее хранения, накопления и трансляции. Главный принцип создания единого информационного пространства заключается в предоставлении быстрого доступа к данным и их использование для принятия управленческих решений. Для этих целей требуется перевод уже имеющихся информационных ресурсов в электронный вид и ведение их в электронном формате. Функционирование единого информационного пространства требует соблюдения стандарта на предмет коммуникации друг с другом информационных систем и локальных приложений, встроенных в них. Наиболее тщательно должна быть выстроена работа по вопросам стандартизации и сертификации средств и систем информатизации по разработке, внедрению и совершенствованию функционирования единого информационного пространства.

В целом, алгоритм формирования единого информационного пространства может содержать следующие этапы:

- 1) формирование средств описания информационных объектов с последующим расширением функционала описания в силу накопления знаний об этих информационных объектах, определение их позиции в структуре базы данных;
- 2) формирование системы поддержки единого информационного пространства и способов, средств и механизмов его развития, расширения, масштабирования;
- 3) формирование набора инструментов по обработке информационных потоков связанных объектов, изделий, элементов;
- 4) формирование технологий трансляции информационных потоков по информационному обеспечению при расширении единого информационного пространства на новые узлы из информационной системы более старой версии;
- 5) создание технологий разработки приложений, осуществляющих обработку взаимосвязанной информации и данных по совокупности объектов или промышленных изделий.

Создание единого информационного пространства для организации информационного взаимодействия подразумевает интеграцию с внешними подсистемами. Среди них можно назвать такие, как система учета документации по конструированию промышленного изделия, система учета технологической документации, система диспетчеризации процессов производства и др. При этом основные задачи подсистем сводятся к приему и трансляции информационных потоков в электронном виде между сетевым графиком и системой учета документации по конструированию промышленного изделия, системой учета технологической документации, системой диспетчеризации процессов производства и др.

Первым этапом формирования единого информационного пространства является создание его ядра, предполагающего разработку, описание информационных объектов, разработку инструментальных средств. После этого происходит развертывание ядра единого информационного пространства с использованием специальных технологий. Как правило, выделяют два основных типа развертывания ядра единого информационного пространства по технологиям разнонаправленного действия – технология «сверху-вниз» и технология «снизу-вверх».

При использовании технологии «сверху-вниз» единое информационное пространство формируется на основе узлов интеграции по древовидной структуре. Образуется первый начальный уровень узлов интеграции информационных потоков, который по ветвям интегрируется с ядром единого информационного пространства. Далее второй уровень интегрируется по ветвям с первым уровнем интеграции вплоть до автоматизированного рабочего места. Для накопления информации формируется репозиторий единого информационного пространства, разрабатываются собственные приложения для работы с совокупностью взаимосвязанных промышленных объектов.

При использовании технологии «снизу-вверх» применяются средства нескольких вычислительных узлов или серверов, что дает возможность формировать аппаратно-программное ядро единого информационного пространства.

Благодаря таким серверам формируются центры обработки информации, системные приложения, хранилища данных.

Резюмируем основные преимущества использования единого информационного пространства:

- открытость информационного обмена, прозрачность информационных потоков;
- повышение гибкости и оперативности принятия управленческих решений;
- интеграция всех этапов жизненного цикла промышленного изделия в единой информационной среде;
- мобильность для представления на ключевых платформах;
- модульный принцип построения, что дает возможность ее масштабирования;
- пользовательский интерфейс;
- быстрота обработки информационных потоков;
- сокращение времени выполнения задач;
- защита информации;
- соответствие стандартам информационных технологий;
- перевод документации на более надежные, дешевые электронные носители.

Таким образом, можно заключить, что для достижения эффективности производства необходимым инструментом является использование сквозной автоматизации управления процессами разработки, производства и эксплуатации промышленных изделий. Автоматизация может быть достигнута дооснащением органов и пунктов управления производством и проектирования комплексными средствами автоматизации. В данном случае ключевой задачей становится формирование единого информационного пространства на основе единой автоматизированной системы сбора данных, банков данных, унифицированных протоколов функционального и процессного взаимодействия, интегрированных информационных ресурсов.

В работе М. В. Кравченко, А. С. Никитина и С. И. Спиридонова наиболее полно и основательно изложен принцип создания и эксплуатации информационной модели обмена данными между разнородными средствами и системами в едином информационном пространстве. Авторами представлена целостная структурная спецификация предметной области, проведена ее формализация в виде описания словарей терминов предметной области, выстраивания логических выражений между ними на основе описания соотношений (рисунок 1.1.9).

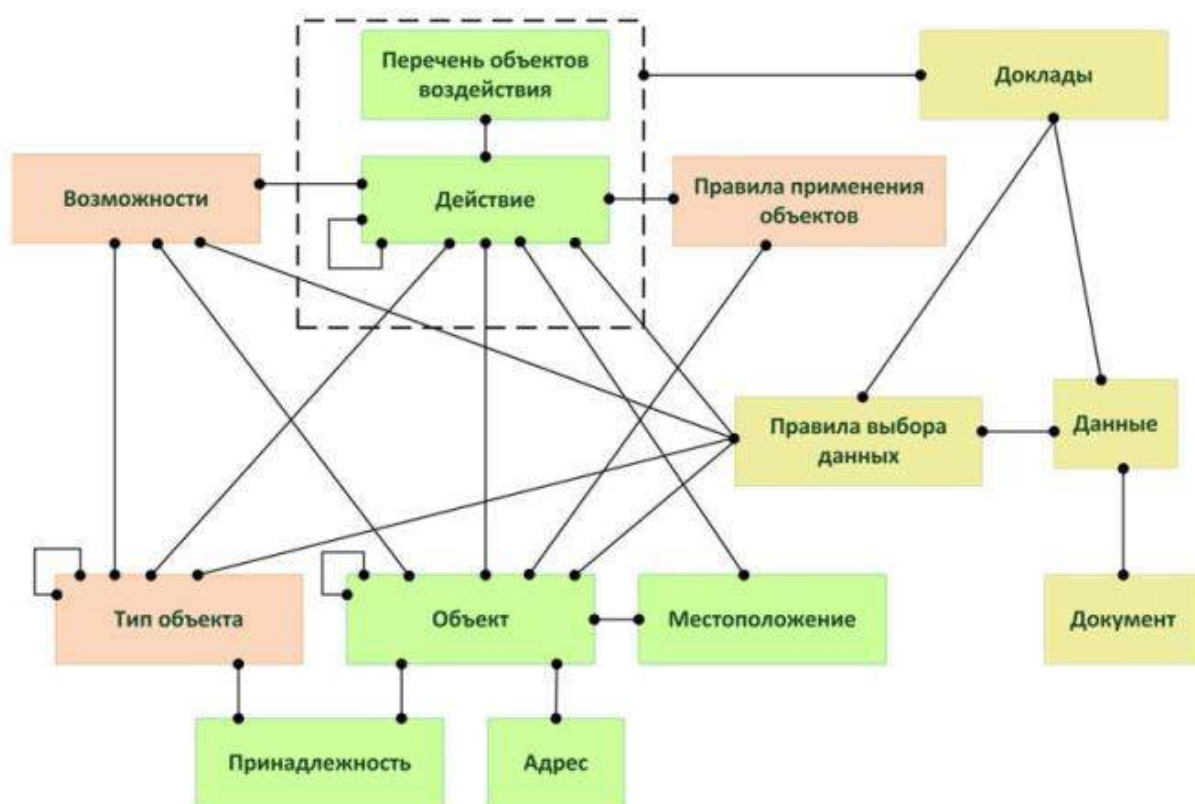


Рисунок 1.1.9 – Основа унификации обмена данных при построении единого информационного пространства [144]

В состав информационной модели обмена данными входят следующие схемы: информационная модель, паспорт сообщения, табличные данные, географические данные, классификатор, условно-постоянные данные об объектах, подготовка, план мероприятий, текущая обстановка и планы объектов, терминологический словарь, запрос на предоставление недостающих данных для

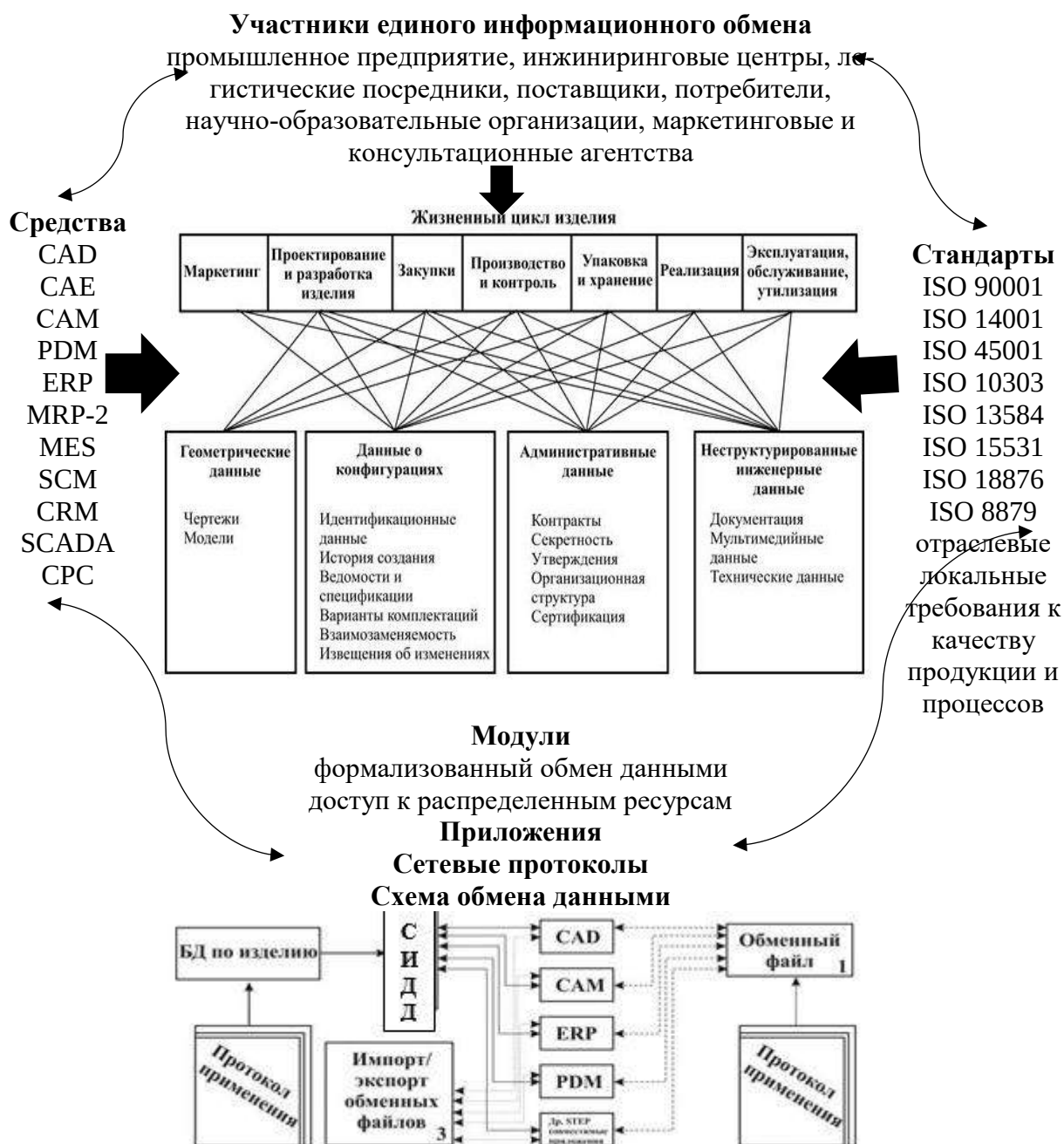
обеспечения информационного обмена, переходный ключ, управление системой, форма описания информационного обмена.

Уровни информационной модели обмена данными представляют собой пирамидальную структуру, содержащую информационную модель обмена данными в виде семантического представления информационного обмена; модуль регламентированного формализованного обмена данными в локальной и глобальной сетях; модуль доступа к распределенным ресурсам по обмену данными между пользователями и сетевые протоколы (рисунок 1.1.10).



Рисунок 1.1.10 – Уровни информационной модели обмена данными в едином информационном пространстве [144]

Таким образом, исходя из представленного анализа структуры, архитектуры, тезауруса единого информационного пространства, представим ландшафт единого информационного пространства обмена информационными потоками на всех этапах жизненного цикла промышленного изделия при создании цепи стоимости (рисунок 1.1.11).



СИДД – стандартный интерфейс доступа к данным

Рисунок 1.1.11 – Ландшафт единого информационного пространства
(обобщено автором)

В представленной модели единого информационного пространства предполагается разноотраслевой характер взаимодействия участников цепи создания стоимости, включая промышленное предприятие, инжиниринговые центры, логистических посредников, поставщиков, потребителей, научно-образовательные организации, маркетинговые и консультационные агентства.

В данной модели учитываются все этапы жизненного цикла создания промышленного изделия, начиная с маркетингового анализа, далее через производство, ввод в эксплуатацию, переход к стадии сбыта и реализации, техническое обслуживание и услуги промышленного сервиса, заканчивая утилизацией и рециклингом. Модель учитывает требования стандартов менеджмента качества, экологического менеджмента, промышленной безопасности и охраны труда, методологию производственного проектирования, а также локальные отраслевые требования к качеству продукции и процессов, устанавливаемые на уровне отрасли или конкретного предприятия. В модель включены различные средства реализации единого информационного пространства, такие как управление проектными данными, автоматизированные системы управления производством, автоматизированное проектирование, управление цепями поставок, управление взаимоотношениями с потребителями, системы планирования и диспетчеризации производства и др. Модель единого информационного пространства предполагает формализованный обмен данными и доступ к распределенным ресурсам, разработку и использование приложений, формирование и применение сетевых протоколов посредством стандартного интерфейса доступа к данным (СИДД).

Таким образом, информационное обеспечение системы менеджмента качества представляет собой совокупность документов отчетного и процедурного характера по вопросам менеджмента качества предприятия, агрегированных в единой информационной среде предприятия, предназначенных для принятия эффективных управленческих решений по совершенствованию системы менеджмента качества. Важно отметить, что автоматизация процессов управления в области качества на основе использования информационно-коммуникационных технологий позволяет не только автоматизировать учет документов, но и оптимизировать материальные и информационные потоки на предприятии, перепроектировать процессы, повышая их эффективность.

Отличительной особенностью усовершенствованной модели единого информационного пространства является ее межотраслевой характер, многозадачность, использование процессного подхода к управлению, учет специфики взаимосвязи и взаимодополнения международных, российских, отраслевых и локальных требований к качеству процессов производства продукции и качеству изделий. Предлагаемая модель единого информационного пространства используется в сетях промышленности, объединяющих предприятия отраслей промышленности, инжиниринговые центры, научно-образовательные и проектные учреждения, что подтверждено соответствующими документами.

В практических целях приведем пример ландшафта единого информационного пространства на примере производства компрессора. Производство центробежного компрессора для ПАО «Газпром» включает 5 основных этапов, каждый из которых характеризуется своими элементами, процессами и межотраслевым взаимодействием в информационном пространстве (рисунок 1.1.12).

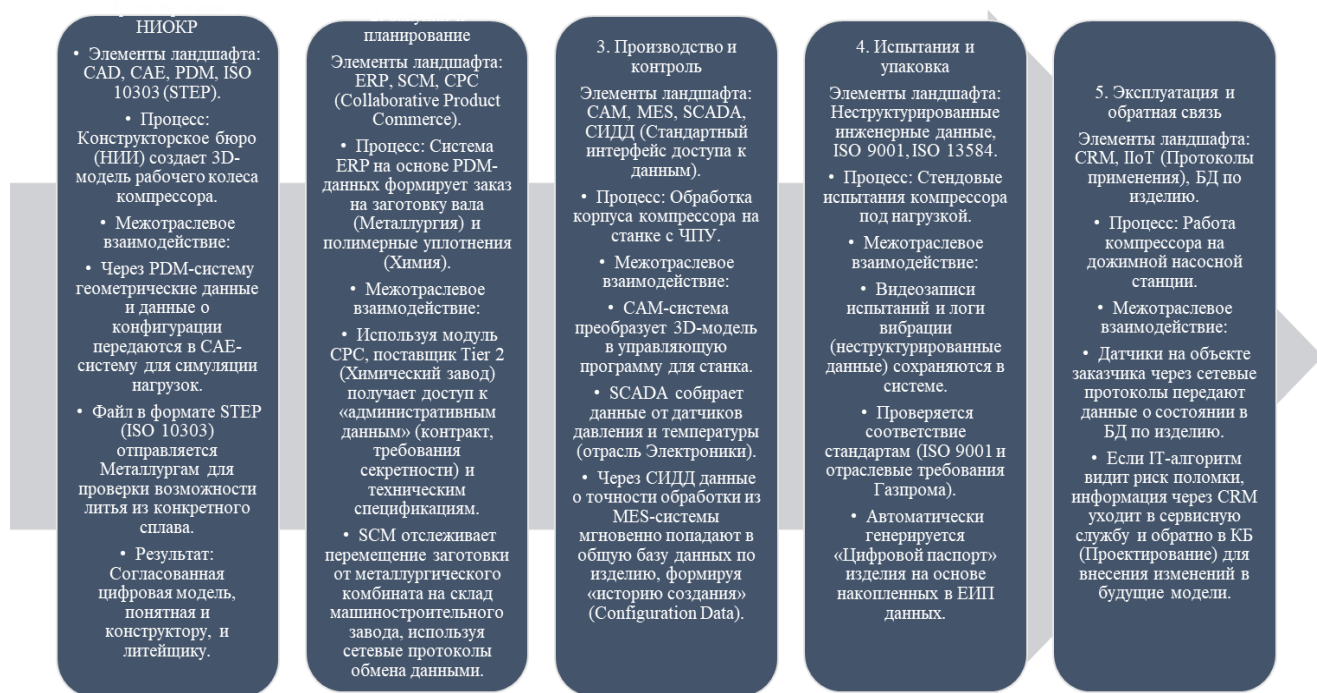


Рисунок 1.1.12 – Ландшафт единого информационного пространства на примере производства компрессора (предложен автором)

Процесс создания и эксплуатации насосно-компрессорного оборудования представляет собой сложный многоступенчатый цикл, в рамках которого на каждом этапе происходит интенсивное межотраслевое взаимодействие, обеспечиваемое современными цифровыми инструментами и стандартами.

На первом этапе, в ходе проектирования и научно-исследовательских работ, конструкторское бюро создает трехмерную модель рабочего колеса компрессора, используя системы автоматизированного проектирования CAD, а через PDM-систему геометрические данные передаются в инженерные расчетные комплексы CAE для симуляции нагрузок. Полученный файл в универсальном формате STEP, соответствующем стандарту ISO 10303, направляется металлургам для проверки технологичности литья из конкретного сплава, и результатом этого обмена становится согласованная цифровая модель, одинаково интерпретируемая и конструктором, и литейщиком.

Далее, на этапе закупок и планирования, корпоративная информационная система ERP на основе данных из PDM автоматически формирует заказы на заготовку вала для металлургов и полимерные уплотнения для химической отрасли. Через модуль совместного коммерческого взаимодействия поставщик второго уровня, например химический завод, получает доступ как к административным данным контракта, так и к техническим спецификациям, а система управления цепочками поставок SCM отслеживает перемещение материалов, используя сетевые протоколы обмена данными.

На этапе производства и контроля CAM-системы преобразуют трехмерную модель в управляющую программу для станков с ЧПУ, в то время как SCADA-системы в режиме реального времени собирают данные с датчиков давления и температуры, произведенных предприятиями электронной отрасли. Через стандартный интерфейс доступа к данным информация о точности обработки из производственной исполнительской системы MES мгновенно интегрируется в общую базу данных по изделию, формируя детализированную историю создания и конфигурации.

Когда изделие готово, наступает этап испытаний и упаковки: компрессор проходит стендовые проверки под нагрузкой, в ходе которых видеозаписи и логи вибрации как неструктурированные данные сохраняются в системе. Одновременно проводится проверка соответствия стандартам качества ISO 9001 и отраслевым требованиям заказчика, после чего на основе всех накопленных в едином информационном пространстве данных автоматически генерируется цифровой паспорт изделия.

Наконец, на этапе эксплуатации и обратной связи установленный на объекте заказчика, например в топливно-энергетическом комплексе, компрессор через промышленные интернет-протоколы непрерывно передает телеметрию с датчиков в базу данных по изделию. Встроенные алгоритмы анализируют эти потоки, и при выявлении риска поломки информация через CRM-систему направляется в сервисную службу, а также возвращается в конструкторское бюро для внесения изменений в будущие модели, замыкая таким образом жизненный цикл продукта и обеспечивая постоянное совершенствование технологии.

Отдельной актуальной задачей информационного обеспечения системы менеджмента качества предприятий является реализация проектов технологического суверенитета. Согласно Постановлению Правительства РФ от 15 апреля 2023 г. № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам ...» проект технологического суверенитета определяется как «проект, направлен-

ный на создание новых производственных мощностей и технологий, расширение, и (или) модернизацию, и (или) повышение эффективности имеющихся производственных мощностей и технологий, строительство мощностей иных этапов производственного цикла (передела) на базе существующего производственного комплекса предприятия, действующего на территории Российской Федерации». Согласно данному Постановлению, к приоритетным направлениям относятся:

1. Авиационная промышленность: обеспечивает транспортный и оборонный суверенитет. Без собственной авиапромышленности страна теряет мобильность, возможность быстрой переброски грузов и войск, а также контроль над воздушным пространством. Это высокотехнологичный драйвер для смежных отраслей (материалы, электроника, двигателестроение).

2. Автомобилестроение: ключ к логистической и экономической независимости. Обеспечивает базовые потребности населения и бизнеса в транспорте, является основой товарно-транспортных потоков. Переход на электромобили и беспилотный транспорт – это битва за будущее мобильности.

3. Железнодорожное машиностроение: основа единого экономического пространства такой большой страны, как Россия. Обеспечивает массовые и всепогодные перевозки на огромные расстояния, связывая регионы в единое целое. Важнейший элемент оборонной мобильности.

4. Медицинская промышленность: вопрос национальной безопасности и выживания нации. Зависимость от импорта лекарств, оборудования и материалов в кризис может привести к гуманитарной катастрофе. Пандемия COVID-19 наглядно это показала.

5. Нефтегазовое машиностроение: фундамент бюджетной и энергетической независимости. Россия – энергетическая держава, и невозможность самостоятельно добывать, транспортировать и перерабатывать углеводороды из-за отсутствия оборудования равносильна экономическому поражению.

6. Сельскохозяйственное машиностроение: гарант продовольственной безопасности. Нельзя зависеть от импортных тракторов и комбайнов, чтобы

прокормить население. Собственное производство техники – это основа аграрного суверенитета.

7. Специализированное машиностроение: обеспечивает базовые потребности промышленности и ЖКХ. Сюда входит все – от оборудования для пищевой промышленности до техники для переработки отходов.

8. Станкоинструментальная промышленность и тяжелое машиностроение: без собственных станков невозможно производить практически ничего из вышеперечисленного. Это основа промышленного производства, инструмент для создания других инструментов.

9. Судостроение: критически важно для торгового и военно-морского флота, а также для освоения ресурсов шельфа и Северного морского пути. Контроль над морскими путями – ключевой элемент геополитики.

10. Фармацевтическая промышленность: как и медицинская промышленность, это вопрос здоровья нации, но с акцентом на субстанции и готовые лекарственные формы. Производство действующих веществ (АФС) – это стратегический приоритет.

11. Химическая промышленность: основа для тысяч других производств. Обеспечивает материалы для сельского хозяйства (удобрения), медицины, легкой промышленности, ВПК, строительства. Без своей химии невозможно произвести ни лекарства, ни шины, ни полимеры для электроники.

12. Электронная и электротехническая промышленность: микроэлектроника, процессоры, средства связи, элементная база – без этого останавливаются все сложные системы, от систем ПВО до станков с ЧПУ и банковских операций.

13. Энергетическая промышленность: обеспечивает энергообеспечение страны в целом. Производство турбин, генераторов, силового оборудования, систем накопления энергии и оборудования для возобновляемых источников энергии – это гарантия того, что у заводов, больниц и городов будет свет и тепло.

Каждая из этих отраслей является критически важной для обеспечения независимости, безопасности и конкурентоспособности страны.

Компрессоры и компрессорное оборудование не являются самостоятельной отраслью в данном списке, но пронизывают и обеспечивают жизнеспособность большинства из перечисленных направлений.

Их особая роль заключается в следующем:

1. Компрессорное оборудование представляет собой критическую сквозную технологию, определяющую непрерывность и стабильность функционирования широкого спектра современных промышленных процессов. Генерируемый данными системами сжатый воздух (пневматическая энергия) выступает в качестве базового промышленного энергоносителя, сопоставимого по своей стратегической значимости с электроэнергией.

2. Критический уровень импортозависимости в промышленном секторе во многом определялся дефицитом отечественных высокопроизводительных, надежных и энергоэффективных компрессорных систем высокой мощности (в частности, центробежных, винтовых, а также поршневых агрегатов высокого давления). Системная уязвимость данных технологических узлов заключается в том, что их внеплановый останов или дефицит оригинальных запасных частей и комплектующих способны привести к каскадной дестабилизации сквозных технологических цепочек и полной остановке непрерывных производственных комплексов.

3. Стратегическое значение компрессорных систем по отраслям:

Роль компрессорного оборудования в структуре отечественного машиностроения определяется его статусом критического технологического узла, обеспечивающего функционирование ключевых производственных систем. Стратегическое значение данных агрегатов дифференцируется в зависимости от отраслевой специфики:

5. Нефтегазовое машиностроение:

5.1.2.4 Компрессоры высокого давления для освоения и обслуживания скважин 28.13

5.2.3 Дожимные компрессорные установки 28.13.28

5.2.4 Компрессоры отпарного газа 28.13.28

5.2.5 Газовые детандер-компрессоры 28.13.28

5.2.6 Компрессоры смешанного хладагента 28.13.28

5.3.4 Поршневые компрессоры 28.13.26

5.4.2 Компрессоры для технологических процессов нефтепереработки
28.13.2

В данной отрасли компрессоры являются системообразующими элементами при добыче, транспортировке и переработке углеводородов. Они обеспечивают процессы закачки газа в пласт для поддержания давления, компримирование попутного нефтяного газа, работу систем сжижения и транспортировку продукта по магистральным трубопроводам. Высокие требования к взрывобезопасности и коррозионной стойкости превращают высокомошные центробежные и поршневые компрессоры в технологическую основу энергетической безопасности страны.

3. Железнодорожное машиностроение:

3.4.1.6 Насосы и компрессоры прочие 28.13

Компрессорные системы являются неотъемлемой частью подвижного состава и инфраструктуры железнодорожного транспорта. Они обеспечивают работоспособность тормозных пневматических систем, приводов дверей, систем управления локомотивом и пневматических подвесок. Надежность компрессоров здесь напрямую коррелирует с безопасностью движения: любой отказ системы сжатого воздуха неизбежно ведет к выводу состава из эксплуатации, что обуславливает экстремальные требования к долговечности и ремонтпригодности данных агрегатов.

7. Специализированное машиностроение (в т.ч. горное, строительное, металлургическое):

7.2 Производство силового гидравлического и пневматического оборудования 28.12 (Это включает пневматические системы, в которых используются компрессоры).

7.25 Производство насосов, компрессоров и их частей 28.13

Для данных отраслей компрессорное оборудование выступает источником энергии для пневматического инструмента, автоматизированных производственных линий, систем очистки и обдува поверхностей, а также элементов управления промышленными манипуляторами и робототехникой. В металлургическом секторе сжатый воздух используется в процессах обогащения сырья и эксплуатации доменного оборудования. Масштаб применения компрессоров в специализированном машиностроении определяет производительность труда на основных участках и общую ритмичность выпуска продукции.

9. Судостроение:

9.2.2 Турбонагнетатели главных двигателей 28.13.25

На судах и морских платформах компрессоры обеспечивают реализацию критически важных судовых функций: пуск главных и вспомогательных дизельных двигателей, работу пневматических систем управления, использование инструментов для проведения ремонтных работ, а также обеспечение работы балластных систем и систем пожаротушения. В условиях автономности функционирования судна надежность системы сжатого воздуха является необходимым условием обеспечения живучести объекта в море.

Таким образом, высокая функциональная значимость компрессорных систем во всех перечисленных отраслях подтверждает необходимость перехода к модели технологического суверенитета в сегменте их производства, проектирования и сервисного сопровождения»

В современном мире, где технологии определяют силу и независимость наций, понятия технологического суверенитета и лидерства часто смешиваются, однако они имеют принципиально разную природу. Технологический суверенитет – это, прежде всего, оборонительная стратегия. Его ключевая цель – обеспечить базовую безопасность и независимость, создав замкнутый технологический цикл по критическим направлениям. Это ответ на вопрос «что будет, если нам перестанут поставлять необходимое?». Успех здесь измеряется не столько передовыми характеристиками, сколько самой работоспособностью

отечественных решений, которые позволяют стране и ее ключевым отраслям функционировать автономно в любых условиях.

В то же время технологическое лидерство представляет собой проактивную стратегию рыночного позиционирования, ориентированную на долгосрочное присутствие и опережающее формирование отраслевой структуры. В основе данной концепции лежит не просто нивелирование рисков импортозависимости, а стремление к созданию инновационных продуктов и внедрению технологических стандартов, определяющих направление развития всей отрасли. Результативность лидерства верифицируется уровнем глобальной конкурентоспособности, выраженной в способности отечественных предприятий не только замещать зарубежные аналоги, но и предлагать превосходящие технологические решения, генерирующие устойчивые макроэкономические и стратегические преимущества.

Технологический суверенитет выступает фундаментальным базисом, обеспечивающим устойчивость национальной экономики к внешним дестабилизирующим факторам и создающим необходимые условия для реализации перспективных стратегий инновационного опережения. В свою очередь, достижение технологического превосходства в определенной наукоемкой области будет гарантировать высокий уровень суверенитета в данном сегменте. Это обусловлено переходом субъекта развития к самостоятельному формированию стандартов, патентованию и установлению регуляторных правил функционирования отраслевого рынка, что нивелирует его зависимость от конъюнктуры внешних контрагентов.

Следовательно, в рамках государственной научно-производственной политики недопустима изоляция одного понятия от другого. Стратегия автаркии (достижение суверенитета без стремления к лидерству) неизбежно инициирует процессы технологической изоляции и консервирует догоняющий тип экономического развития. Напротив, попытки форсированного лидерства в отдельных узких сегментах при отсутствии базового технологического суверенитета

по критическим направлениям значительно повышают уязвимость производственных систем к деструктивным воздействиям на глобальные цепи поставок.

Оптимальная дуальная стратегия предполагает формирование устойчивой технологической платформы (защищенного базиса) в сегменте критических сквозных технологий, что создает необходимый ресурсный и инфраструктурный задел для осуществления опережающих научно-технологических прорывов на перспективных направлениях.

Практическая реализация национальных проектов, направленных на достижение стратегической цели «Технологическое лидерство», базируется на принципах методологического единства и жесткой межотраслевой координации. Данный консолидированный подход к управлению инновационным развитием получил институциональное подтверждение на уровне Правительства Российской Федерации по итогам профильных стратегических сессий, прошедших в конце 2024 года, что подчеркивает приоритетность создания сквозных систем управления качеством и эффективностью на макроэкономическом уровне.

В рамках актуализации государственной промышленной политики подчеркивается, что интенсификация процессов создания высокотехнологичных отечественных производств и устойчивое наращивание объемов выпуска продукции будут обеспечены за счет системной реализации обновленного портфеля национальных проектов. Восемь специализированных национальных проектов технологического лидерства выступают ключевым инструментом стратегического планирования, ориентированным на достижение полной технологической независимости в критически значимых сегментах экономики.

Данные проекты охватывают высокотехнологичные отрасли, характеризующиеся наиболее острой необходимостью нивелирования рисков импортозависимости:

«Новые материалы и химия» (формирование фундаментальной сырьевой и компонентной базы для наукоемких производств);

«Средства производства и автоматизации» (развитие станкостроения, робототехники и систем промышленного управления);

«Новые атомные и энергетические технологии» (укрепление энергетического суверенитета и лидерства в области ядерной энергетики);

«Промышленное обеспечение транспортной мобильности» (создание суверенной технологической платформы для железнодорожного, автомобильного и судостроительного машиностроения);

«Беспилотные авиационные системы» (формирование новой отрасли и сквозных технологий автономных систем);

«Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» (локализация производства специализированной техники и технологий для агропромышленного комплекса);

«Новые технологии сбережения здоровья» (достижение независимости в сегменте фармацевтики и высокотехнологичного медицинского оборудования);

«Развитие многоспутниковой орбитальной группировки» (укрепление позиций страны в космическом пространстве).

Системная реализация указанных направлений в рамках единой методологии управления качеством и эффективностью позволяет обеспечить переход от фрагментарного импортозамещения к комплексному технологическому лидерству, формируя устойчивую базу для долгосрочного экономического суверенитета страны.

Во исполнение положений Федерального закона «О технологической политике в Российской Федерации», Министерству экономического развития РФ совместно с профильными ведомствами, организациями-исполнителями и Российской академией наук (РАН) поручена разработка предложений по установлению специфики реализации национальных проектов технологического лидерства. Особое внимание в рамках данной работы уделяется формированию архитектуры управления системой технологической кооперации. Данный ин-

струментарий предполагает детальную спецификацию производственно-технологических процессов, а также идентификацию перечня критических технологий и пула их ключевых разработчиков.

Стратегическая результативность развития в направлении технологического лидерства определена эффективностью механизмов интеграции инноваций и современных научно-технических разработок в реальный сектор экономики. Согласно позиции руководства Правительства РФ, системное насыщение отраслей отечественными инновационными решениями выступает необходимым условием для расширения предложения высококачественных товаров на внутреннем рынке. В долгосрочной перспективе комплексная реализация данных мер направлена на укрепление государственного суверенитета и обеспечение экономической устойчивости в условиях беспрецедентного внешнего санкционного давления.

Постоянные изменения в нормативно-правовой базе и обеспеченность информацией оказывают существенное влияние на выявление ключевых проблем и определение перспектив в реализации проектов технологического суверенитета. Такие изменения могут создать сложности координации из-за нестабильности институциональной среды, для разработки и реализации государственной политики.

В контексте настоящего исследования технологическая локализация рассматривается как управляемый процесс, интегрированный в систему менеджмента предприятия и цепей поставок, а технологический суверенитет – как интегральный показатель эффективности этого процесса, оцениваемый через степень независимости от импортных критических компонентов, наличие отечественных технологических альтернатив и устойчивость производственной системы к внешним шокам.

Нами предложена схема обеспечения технологической локализации производства (рисунок 1.1.13), которая демонстрирует управляющие контуры

ИСМ, влияние инициатив импортозамещения на структуру поставщиков и механизм обратной связи для корректировки регламентов и проектов локализации.

Данная схема иллюстрирует концептуальную модель взаимодействия трёх ключевых компонент: цепи поставок, зоны технологической локализации и интегрированной системы менеджмента (ИСМ). Модель предназначена для демонстрации того, каким образом стратегические инициативы по локализации и импортозамещению интегрируются в оперативную и стратегическую работу предприятия через управленческие контуры ИСМ и практические инструменты управления рисками, качеством и ресурсами.

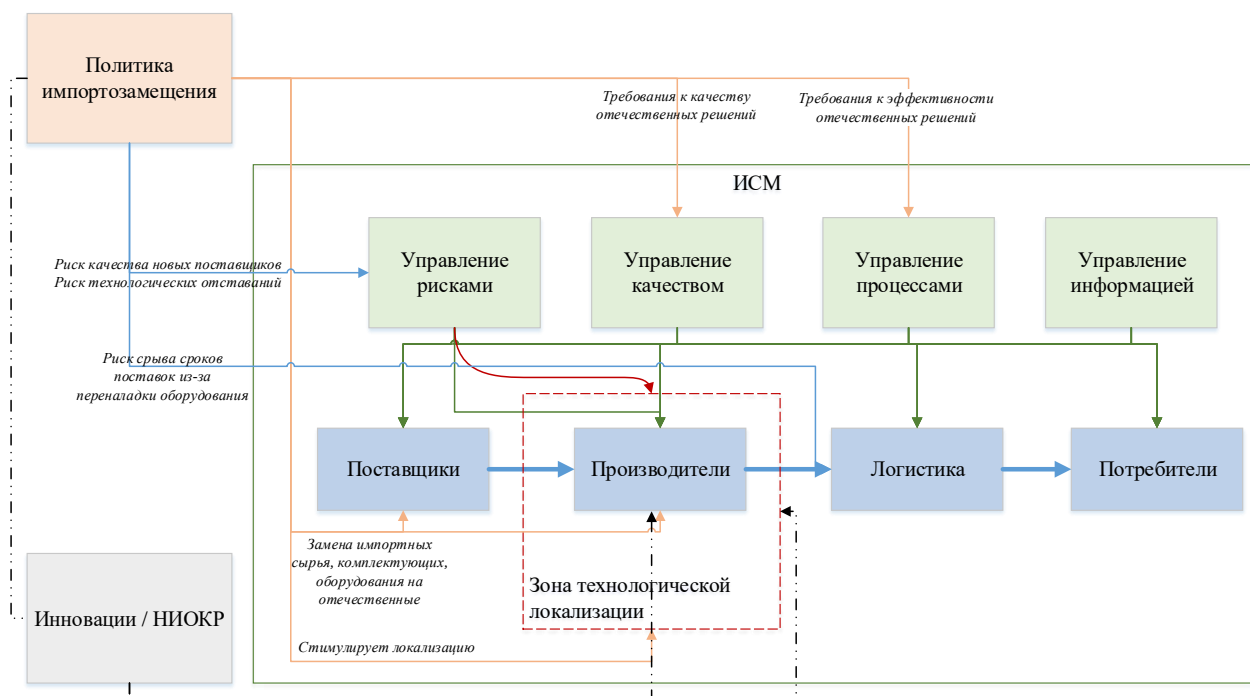


Рисунок 1.1.13 – Концептуальная схема взаимодействия цепи поставок, зоны технологической локализации и интегрированной системы менеджмента (предложена автором)

Цепь поставок является базовой структурой модели и включает последовательные звенья: поставщики комплектующих и материалов – производитель (предприятие/цех) – логистика/дистрибуция – потребители/заказчики. Именно через эту цепь реализуются потоки материалов, информации и финансов.

Зона технологической локализации показана как область вокруг блока «Производитель» и отражает степень глубины локализации (примеры: сборка, производство узлов, полный цикл изготовления). Градация зоны показывает уровни (поверхностная локализация – сборка; средняя – производство ключевых узлов; глубокая – собственное производство критических компонентов и разработка технологий).

Интегрированная система менеджмента (ИСМ) представлена как надлежащая надстройка/контур, охватывающая всю цепь поставок. ИСМ обеспечивает единство политики, процедур и инструментов управления: управление качеством, управление рисками, управление процессами, управление информацией и управление ресурсами (включая кадровые и НИОКР-ресурсы).

Из блока ИСМ идут управляющие связи ко всем элементам цепи поставок. Эти связи отражают внедрение регламентов, стандартов и контрольных процедур, обеспечивающих единообразие работы на разных рабочих местах и в разных подразделениях.

Политика импортозамещения и инициативы локализации представлены как внешние драйверы, воздействующие на зону локализации и поставщиков: они инициируют проекты локализации, НИОКР и изменение структуры закупок (замена импортных поставщиков отечественными).

Между блоками поставщиков и зоной локализации присутствуют обратные связи, которые отражают то, что результаты локализованных проектов, качество локализованных компонентов и данные об отклонениях возвращаются в ИСМ для корректировки регламентов и планов.

Рассмотрим входные и выходные параметры модели. Входами являются: технические требования, спецификации, текущие поставщики, финансовые ресурсы, компетенции персонала, государственные программы поддержки.

Выходами будут: степень локализации (в % по стоимости и по номенклатуре), снижение импортной зависимости, экономический эффект (снижение затрат, срок окупаемости), изменение рискового профиля поставок, набор стандартов и рабочих паспортов для тиражирования.

Предложенная концептуальная схема взаимодействия участников цепи поставок в зоне технологической локализации (рис. 1.1.13) отражает системный подход к управлению качеством и рисками. Процесс локализации рассматривается в исследовании не в качестве определенной, разовой инженерно-технической задачи, а позиционируется как непрерывный сквозной управленческий процесс, органически интегрированный в единую систему менеджмента предприятия.

Для обеспечения сквозного мониторинга, верификации и количественной оценки эффективности функционирования представленной концептуальной модели автором сформирована система ключевых показателей эффективности, сгруппированных по следующим ключевым контурам:

1. Контур технологической независимости и локализации:

- коэффициент технологической локализации: рассчитывается как процентное отношение стоимости и номенклатурного объема отечественных комплектующих и сырья к общей стоимости материально-технических ресурсов, вовлеченных в производственный цикл;

- коэффициент диверсификации поставок: количество верифицированных отечественных альтернативных решений (дублирующих поставщиков) для критических позиций компонентной базы;

- коэффициент результативности программ локализации: отношение фактического количества успешно реализованных проектов локализации к запланированному значению за отчетный период (план/факт).

2. Контур временной и операционной эффективности:

- период технологической адаптации: временной интервал от момента принятия решения о локализации критического компонента до вывода на рынок и внедрения в производство верифицированного отечественного аналога;

- интегральный индекс риска цепи поставок: расчетный показатель, отражающий совокупный уровень логистических и операционных рисков (риск срыва сроков из-за переналадки, риск технологического отставания, риск нестабильного качества новых контрагентов).

3. Контур экономической эффективности:

– удельный экономический эффект локализации: показатель снижения себестоимости и транзакционных издержек на единицу выпускаемой продукции после внедрения отечественного аналога в производственный контур.

Фактическая реализация разработанной модели взаимодействия и достижение целевых значений КРІ требуют формирования жесткого организационно-методического обеспечения. Базовыми инструментами такой интеграции выступают:

– разработка и внедрение комплекса сквозных стандартов организации, регламентирующих единые требования к качеству на всех этапах межотраслевой кооперации;

– паспортизация рабочих мест в зоне технологической локализации с учетом эргономических и цифровых требований;

– внедрение сквозных процедур контроля и информационного обмена в рамках единого информационного пространства ИСМ ЦП.

Такой подход позволяет устранить ключевые риски (нестабильное качество новых поставщиков, сдвиги сроков поставок, технологическое отставание) на ранних стадиях, переводя процесс локализации в плоскость измеримых цифровых показателей эффективности СМК.

Аналитическая часть должна опираться на данные реестра критических ресурсов, реестр проектов локализации и модуль оценки технологической устойчивости (автономности). Эти реестры становятся входными данными для ИСМ и инструментами принятия решений.

Для практической реализации рекомендуется связать схему с программными модулями (модули реестра, управление проектами, управление рисками, аналитика КРІ), обеспечив тем самым непрерывный цикл «план – сделать – проверить – скорректировать».

Разработанная концептуальная схема взаимодействия требует своего процессного наполнения. На примере производства в машиностроительной про-

мышленности, в частности компрессоростроения, в условиях обеспечения технологической локализации производства рассмотрим предприятие АО «НИИ-турбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» как одного из ведущих в России научно-исследовательского и проектно-конструкторского центра в сфере разработки компрессорного оборудования (рисунок 1.1.14).

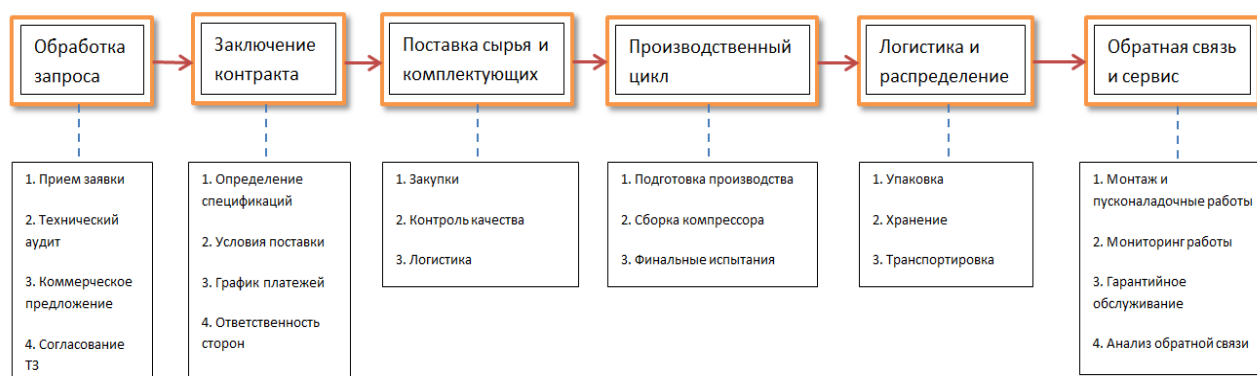


Рисунок 1.1.14 – Процессное представление проекта обеспечения технологической локализации производства на примере компрессоростроения (обобщено автором)

В рассматриваемом процессном представлении проекта обеспечения технологической локализации производства можно выделить следующие этапы:

а) обработка запроса:

Обработка заказа АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» начинается после поступления самого запроса. Для начала специалисты оценивают техническую выполнимость заказа, т.е. проверяют наличие документации, производственных мощностей и материалов. В то же время нужно рассчитать стоимость заказа, учитывая все компоненты (включая импортные поставки).

Согласно этим данным, создается коммерческое предложение. Перед отправкой клиенту для заключения контракта руководство должно согласовать данное коммерческое предложение и подписать его.

б) заключение контракта:

При получении согласия заказчика на заключение договора начальник ПК-900 дает указание начальнику ОКиК о начале работ по договору.

Начальник ОКиК в течение пяти дней после получения указания начальника ПК-900 разрабатывает, согласовывает и представляет на утверждение управляющему директору протокол технического совещания. В протоколе оговаривается ведущее подразделение по выполнению работ и финансовое обеспечение, основные этапы выполнения с указанием ответственных лиц за выполнение этапов, основные технические решения, необходимые для выполнения работ.

На основании утвержденного управляющим директором протокола технического совещания начальник ОКиК направляет в адрес ЗУД по экономике и финансам служебную записку для подготовки проекта договора.

В случае отсутствия в ПК-900 оборудования для выполнения отдельных технологических операций специалисты ОКиК выбирают предприятие-изготовитель, имеющее соответствующее оборудование и способное выполнить заказ в установленные сроки с заявленным качеством, после чего оформляется договор с предприятием-изготовителем (аутсорсером) в согласованные сроки.

в) поставки сырья и комплектующих:

Целью данного этапа является планомерное обеспечение производства всеми необходимыми материалами, оборудованием, услугами, информацией требуемого качества.

В АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» качество закупаемых МТР, ПКИ и услуг, от которых непосредственно зависит качество производимой продукции, обеспечивается:

- выбором надежных поставщиков на основе установленных критериев оценки качества и стабильности характеристик, поставляемой ими МТР, ПКИ и услуг;
- разработкой и согласованием с поставщиками требований к МТР, ПКИ и услугам;
- проведением входного контроля закупаемых МТР и ПКИ;

- организацией приема, хранения и выдачи закупаемых МТР и ПКИ пользователям в соответствии с порядком, обеспечивающим ее сохранность в процессе переработки;

- установлением эффективно действующей обратной связи с поставщиками.

Вся закупаемая продукция должна соответствовать требованиям законодательных актов и нормативных документов. При выборе поставщиков АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» запрашивает подтверждение наличия у поставщиков разрешительных документов, распространяющихся на их деятельность.

Для проведения мониторинга в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» существует база данных поставщиков, которая регулярно пополняется по мере взаимодействия с поставщиком.

При формировании заявки на закупку отделом снабжения комплектации и кооперации обеспечивается наличие всех необходимых требований к закупаемым материалам и оборудованию.

При заключении договора (контракта) на поставку или выполнение услуг в течение определенного срока, договор должен включать планы выполнения работ, планы поставок материалов и оборудования.

г) производственный цикл:

Начальники цехов организуют изготовление в соответствии с графиком. Начальники участков обеспечивают изготовление и ремонт в строгом соответствии с технологической документацией, контролируют заполнение исполнителями операций сопроводительного листа и предъявление операции на контроль БТК. Весь персонал механического и механосборочного цехов осуществляет операции по изготовлению и ремонту продукции согласно конструкторской документации, технологическому процессу, маршрутных карт, технологических указаний.

Рассмотрим производственный цикл компрессора N (таблица 1.1.1).

По таблице 1.1.1 видно, что изготовление выполнено силами АО «НИИ-турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», также для ускорения изготовления деталей механической обработкой были привлечены сторонние организации.

Таблица 1.1.1 – Производственный цикл компрессора N (обобщено автором)

№ п/п	Этап	Организация
1	Литье деталей	ОАО «Балашинский литейно-механический завод», г. Балашиха; АО «Центр цифровых технологий», г. Казань; АО «Казанькомпрессормаш», г. Казань; ООО «НПО Инлиттех», г. Владимир; ОАО «Череповецкий литейно-механический завод», г. Череповец
2	Ковка (валы, диски роторов)	АО «Казанькомпрессормаш», г. Казань
3	Изготовление подшипников	ООО «Спецдеталь», г. Казань
4	Изготовление рабочих колес и диафрагм	ООО «Инструментальный завод», г. Чебоксары; ООО «Машиностроитель», г. Казань
5	Изготовление валов	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань
6	Шлифовка и полировка поверхностей	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань
7	Сварка и пайка рабочих колес	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань; ООО «Лидер», г. Казань
8	Сборка ротора, корпуса СПЧ	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань
9	Испытания на герметичность и вироустойчивость	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань
10	Обкатка на стендах	АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань

Анализ таблицы 1.1.1 показывает, что в производственном цикле компрессора N участвуют организации различной отраслевой принадлежности: литейные заводы (металлургия), машиностроительные предприятия (обработка, сборка), специализированные производители комплектующих. Такое распределение функций требует формализации межотраслевых связей и точек сопряжения ответственности. На рисунке 1.1.15 представлена обобщённая схема межотраслевого взаимодействия при производстве насосной и компрессорной техники, где систематизированы роли участников и потоки кооперации.



Примечание: 1 – заготовки по кооперации из сплава 09Г2С; 40ХН2МА; 07Х16Н6-Ш; 2 – прутки АК6; 3 – круг ст.40ХН2МА; 4 – проволока баббитовая Прв Кр 3,15 Б83 Ag, Zn; 5 – кольца, шнуры, резина ВА-13Д; 6 – метизы; 7 – термопреобразователи сопротивления

Рисунок 1.1.15 – Межотраслевое взаимодействие при производстве насосной и компрессорной техники (разработано автором)

Предложенная схема межотраслевого взаимодействия служит основой для системного управления проектом изготовления компрессора. Рисунок 1.1.15 фиксирует статическую структуру кооперации (кто с кем взаимодействует), но не раскрывает динамику и точки принятия решений в процессе производства. Для цифровизации системы менеджмента качества критически важно выделить контрольные точки, в которых происходит сбор, верификация и передача информации о качестве, сроках и соответствии (рисунок 1.1.16).

Схема отражает структуру межотраслевого взаимодействия, необходимого для создания конкурентоспособного отечественного компрессорного агрегата. Она демонстрирует центральную роль производителя (АО «Казанькомпрессормаш» – АО «НИИ Турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа) и группирует ключевых партнёров – научно-исследовательские институты, интеграторов, специализированные заводы и конечных потребителей (энергетика, нефтехимия). Выделим основных участников и определим их функциональные роли:

- ведущий производитель / интегратор (центральный синий блок на схеме – АО «НИИ Турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа) – главный координатор проекта, ответственный за проектирование, интеграцию подсистем, финальную сборку и сертификацию изделия. Организует межфункциональные команды, формирует требования к поставкам, выполняет роль системного интегратора;

- научно-исследовательские организации (АО «КНИАТ») – выполняют НИОКР, гидродинамические расчёты, материаловедческие исследования, проводят испытания и дают технические регламенты для производства и сертификации;

- специализированные заводы и субподрядчики (ФКП «Казанский завод точного машиностроения», АО «Казанькомпрессормаш» и т.д.) – изготавливают корпусные детали, роторы, направляющие аппараты, узлы уплотнений, проводят термообработку и механообработку высокой точности;

- логистическая компания – обеспечивает снабжение комплектующими, организацию транспортировки крупногабаритных узлов, таможенную и складскую поддержку;

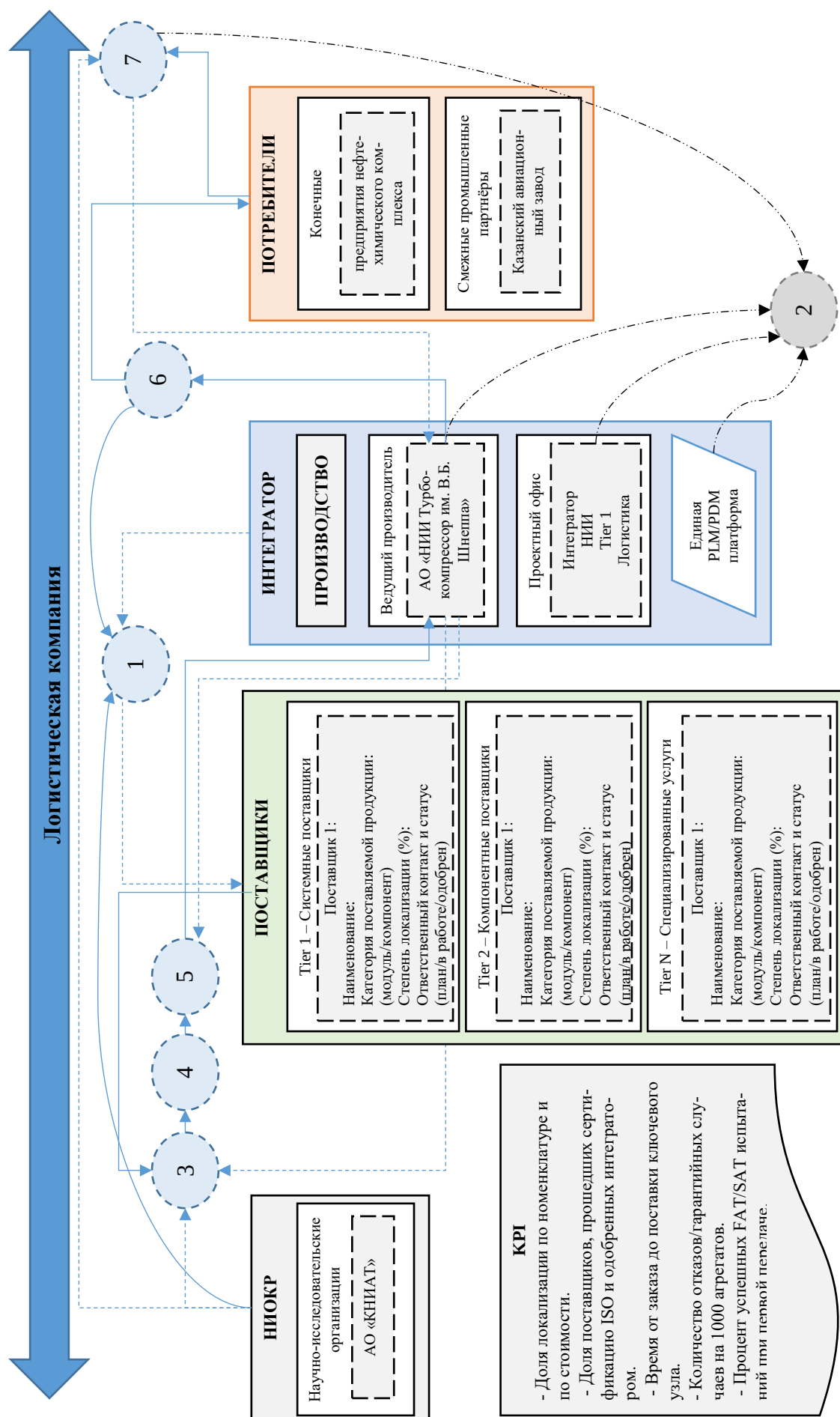


Рисунок 1.1.16 – Контрольные точки межотраслевого взаимодействия (разработано автором)

– поставщики компонентов (будут отображены на схеме) – поставщики подшипников, уплотнений, систем управления, электроники, приводов, уплотнительных материалов, уплотнительных комплектов, датчиков;

– конечные потребители (предприятия нефтехимического комплекса) и смежные промышленные партнёры (Казанский авиационный завод) – выступают как заказчики, обеспечивают испытательные полигоны и обратную связь по эксплуатации.

Поставщики сгруппированы по трем уровням, что можно видеть на схеме:

– Tier-1 – Уровень 1 (системные поставщики): поставщики крупных модулей/узлов (редукторы, электрические приводы, блоки управления).

– Tier-2 – Уровень 2 (компонентные): подшипники, уплотнения, рабочие колёса, крепёж, элементы гидравлики.

– Tier-N – Уровень N (специализированные услуги): термообработка, балансировка роторов, покрытия, сборочные подряды.

Интерфейсы и точки взаимодействия (контрольные узлы) на схеме обозначены в кружочках.

КТ 1. Техническая спецификация и требования (TDR/TSR) – передаются от ведущего интегратора к поставщикам; для них обязательно наличие согласованных входных/выходных документов.

КТ 2. Конфигурационное управление (ECN/ECO) – централизованный процесс в PLM-среде для контроля версий чертежей и спецификаций.

КТ 3. Контроль качества на приёмке (IQC).

КТ 4. Промежуточные испытания (FAT).

КТ 5. Приёмка на заводе-интеграторе (SAT).

КТ 6. Полевые испытания у заказчика.

КТ 7. Логистика и упаковка – стандарты транспорта крупногабаритных узлов, условия хранения и ответственность за повреждения.

Рассмотрим подробнее требования к поставщикам и процедуры их отбора:

- техническая компетенция: подтверждённая технология производства (например, точность механической обработки, допуски, способность к балансировке роторов, наличие испытательной базы);
- системы менеджмента: сертификаты ISO 9001, ISO 14001, наличие СМК и процедур управления изменениями;
- финансовая и операционная устойчивость: способность выдержать объёмы и сроки, наличие страхования;
- готовность к локализации: степень локализации материалов и комплектующих, возможность технологического трансфера и сопровождения НИОКР;
- правовая база: соглашения о НИОКР, лицензионные договоры, соглашения о конфиденциальности и передаче интеллектуальной собственности. Отбор рекомендуется проводить через комбинированный подход: технический аудит, пилотные заказы, и включение в «реестр одобренных поставщиков» с периодической переоценкой.

К механизмам управления проектом и координации следует отнести:

- организационную модель: создание проектного офиса (РМО) на базе ведущего завода, включающего представителей интегратора, НИИ, ключевых поставщиков и логистики; регулярные ступенчатые совещания и протоколирование решений;
- информационные инструменты: единая PLM/PDM платформа для обмена документацией, отслеживаемость материальных потоков через ERP/SCM, использование стандартов STEP/ISO 10303 для обмена CAD-данными;
- контракты и KPI: контракты, включающие SLA (соглашение об уровне обслуживания), KPI по качеству, срокам и уровню локализации; использование штрафных санкций и бонусных схем за досрочное выполнение/высокую локализацию;
- программу развития поставщиков: это программа с мероприятиями по повышению качества, внедрению современных методов обработки, обучение и импортозамещение критических узлов.

Обеспечение качества и сертификация должно осуществляться посредством:

- создания единой процедуры контроля качества: входной контроль материалов, контроль размеров, неразрушающие испытания, статическая и динамическая балансировка, испытания на стендах;
- участия НИИ в протоколировании испытаний и формировании «паспорта качества» на изделие;
- привязки сертификационных процедур к контрольным узлам схемы: заводские приемочные испытания на заводе-поставщике → испытания оборудования на заводе-интеграторе → полевые испытания у заказчика.

Уровень локализации и степень импортозамещения так же необходимо учитывать при работе со схемой. Включение поставщиков должно сопровождаться указанием степени локализации их продукции и планов по её наращиванию. Для критических узлов целесообразно предусмотреть график увеличения доли отечественных комплектующих (например, 2024: 40% → 2027: 75%). Необходима разработка механизмов по трансферу технологий (лицензирование, совместные предприятия, соглашения о совместной разработке) и финансирование НИОКР. Рабочая схема должна отражать потоки НИОКР и источники финансирования (государственные программы, инвестфонды, промышленное партнёрство).

Необходимо предусмотреть риски цепочки поставок и мероприятия по их снижению, например:

- один поставщик на критическом узле → переход к стратегии двойного/тройного снабжения;
- несоответствие стандартам → следует стимулировать сертификацию и развитие поставщиков, предусмотреть гарантийные резервы;
- логистические риски (доставка крупногабаритных узлов) → следует проводить резервирование транспортных коридоров, страхование перевозок;

– конфигурационные несоответствия → ввести строгий СМ-процесс (Configuration Management) в PLM и запрет на поставку несогласованных модификаций.

Предложенная схема межотраслевого взаимодействия служит основой для системного управления проектом изготовления компрессора и должна быть дополнена конкретным перечнем поставщиков с их характеристиками (поставщик: его уровень, локализация, компетенции). Для обеспечения успешной реализации проекта необходимы: централизованный проектный офис, единая PLM-инфраструктура, формализованные контрольные точки и программы развития поставщиков.

С целью обеспечения полной технологической независимости производства высокотехнологичной насосно-компрессорной техники и минимизации операционных рисков в межотраслевой цепи поставок компрессорного оборудования предлагается «дорожная карта» создания устойчивой цифровой экосистемы взаимодействия и институционального развития отечественной компонентной базы.

Этап 1. Институционализация и формирование цифрового базиса (1-ый год).

На первом этапе предполагается создание Централизованного проектного офиса (ЦПО) на базе ведущего интегратора – АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», который станет единым органом координации, включающим представителей R&D-сектора (АО «КНИАТ»), ключевых поставщиков Tier-1 и логистических операторов. В задачи ЦПО войдут управление жизненным циклом проектов локализации, мониторинг выполнения KPI и координация межотраслевых запросов, а ключевым мероприятием станет внедрение единой PLM/PDM-инфраструктуры, то есть развертывание сквозной системы управления данными об изделии для обеспечения «бесшовного» обмена конструкторско-технологической документацией между проектировщиком и поставщиками заготовок, литья и электроники, что позволит сократить время на этапе согласования конструкторской документации на 25%.

Этап 2. Активная локализация критических узлов и запуск программы развития (2–3 годы).

На втором этапе реализуется программа развития поставщиков, включающая внедрение системы аудита и добровольной сертификации смежных предприятий (металлургия, химия, электроника), а также оказание методической поддержки поставщикам 2-го и 3-го уровней (Tier-2 и Tier-3) в области систем менеджмента качества и бережливого производства, причем фокус программы направлен на поставщиков спецсталей (09Г2С, 40ХН2МА) и полимерных уплотнений с упором на герметичность в агрессивных средах. Кроме того, проводится импортозамещение «мозговых» компонентов путем совместной с ИТ-сектором разработки отечественных контроллеров антипомпажной защиты и систем предиктивной аналитики, с целевым индикатором не менее 90% доли отечественного программного кода в системах управления.

Этап 3. Системная оптимизация и достижение лидерства (4–5 годы).

На заключительном этапе осуществляется вертикальная интеграция и внедрение цифровых двойников, что означает переход к модели прогнозирования надежности на основе данных, поступающих из PLM-системы и датчиков эксплуатируемого оборудования, благодаря чему достигаются целевые показатели локализации: доля по стоимости и номенклатуре составляет 85–90%, а снижение количества гарантийных отказов достигает 40% за счет внедрения сквозного контроля качества. Завершается этап масштабированием опыта – распространением модели взаимодействия на смежные рынки (судостроение, авиация) через созданный проектный офис.

Для устранения выявленных «разрывов» предложен план-график повышения уровня локализации и минимизации операционных рисков на период 1–5 лет (таблица 1.1.2), включающий три этапа: институционализацию и формирование цифрового базиса (1-й год), активную локализацию критических узлов и запуск программы развития поставщиков (2–3 годы), системную оптимизацию и достижение лидерства (4–5 годы).

Таблица 1.1.2 – Поэтапный план повышения уровня локализации и минимизации операционных рисков в межотраслевой цепи поставок компрессорного оборудования (1–5 лет) (предложен автором)

Направление / срок	Краткосрочный (1 год)	Среднесрочный (2-3 года)	Долгосрочный (4-5 лет)
Управленческий контур	Создание Централизованного проектного офиса, регламентация взаимодействия	Запуск Программы развития поставщиков (аудит, обучение, инвестиции)	Формирование межотраслевого кластера технологического лидерства.
Цифровая среда	Внедрение единой PLM – платформы; оцифровка архива КД и ТД	Интеграция PLM с ERP системами поставщиков; запуск цифровых паспортов изделий	Внедрение систем искусственного интеллекта для предиктивного обслуживания цепи
Производственный фокус	Локализация закупок и метизов (низкий риск)	Локализация уплотнений, датчиков, систем АСУ ТП (средний риск)	Локализация высокомоментных центробежных модулей и спецсплавов (высокий риск)
Риск-менеджмент	Снижение рисков срыва сроков за счет прозрачности PLM	Снижение рисков качества за счет сертификации поставщиков по Программе развития поставщиков	Минимизация рисков технологического отставания за счет сквозных НИОКР

Данный план позволяет перевести теоретическую модель ИСМ ЦП в плоскость практической реализации, где Проектный офис выступает инициатором изменений, PLM-система является инструментом интеграции, а Программа развития поставщиков служит механизмом повышения качества входного потока материально-технических ресурсов.

1.2 Развитие стандартизации процессного и проектного подходов к управлению качеством продукции на отечественных машиностроительных предприятиях

В современных условиях критически значимым фактором обеспечения национальной безопасности при выполнении государственного оборонного заказа выступает достижение полной технологической независимости. Это предполагает сквозное импортозамещение сырьевой и компонентной базы, а также средств технологического оснащения и измерительного контроля. Если на предшествующих этапах допускалась интеграция импортных компонентов в производственные циклы, то в текущих реалиях подобные практики полностью исключены.

Особую актуальность минимизация данных рисков приобретает в контексте предотвращения угроз информационной и физической безопасности, связанных с возможностью наличия недеklarированных возможностей (аппаратных закладок) в зарубежной электронной компонентной базе и сопряженном оборудовании, что подтверждается прецедентами масштабных техногенных деструкций на Ближнем Востоке. Функционирование предприятий ОПК в режиме непрерывного производственного цикла при максимальной загрузке мощностей формирует комплексные научно-технические и организационно-экономические вызовы. Их решение требует разработки принципиально новых подходов к обеспечению стабильно высокого качества и операционной эффективности выпускаемой продукции в условиях жестких ресурсных и временных ограничений.

Смена поставщиков сырья и материалов, востребованных в весьма больших количествах, обязывает производителя срочно вносить изменения в техническую и технологическую документацию, обеспечивая при этом надежность и качество продукции. Для выполнения этого вида работ требуются работники высокой квалификации, владеющие методами компьютерного проектирования,

расчетными и экспериментальными методами оценки и прогнозирования качества и надежности изделий с использованием всего арсенала цифровизации. В связи с этим возникает потребность в обеспечении постоянного повышения квалификации работников и необходимости в оснащении производства современными средствами компьютерной техники и программного обеспечения.

Задача обеспечения производства качественными материалами в пределах установленных норм по запасам сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, требует постоянного совершенствования системы организации бережливого производства, логистики и интегрированной системы управления качеством. Модернизация технологии и оборудования, прежде всего в решении задач импортозамещения, также является обязательным фактором решения проблем организации устойчивого производства.

Обеспечение технологического суверенитета в машиностроении является сложным процессом и требует не менее сложной инженерно-технической системы, включающей в себя подготовку квалифицированных специалистов, технологические инновации, исследования и разработку продукции, производственные ресурсы, промышленную экологию и другие аспекты системы. Сложная промышленная производственная система отличается высокой нелинейностью, многовариантностью и ограниченной информацией. Ее сложная природа включает различные компоненты, многоуровневость, открытость, нелинейность и динамическую упорядоченность, что в итоге приводит к появлению структурной сложности.

В свою очередь, для непрерывного улучшения организации производства, соответствия продукции требованиям качества национальных и международных стандартов процесс импортозамещения на предприятии должен осуществляться в соответствии с принципами системы менеджмента качества.

Система менеджмента качества (СМК) – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством [77]. В более общем виде это система, объединяющая цели и

политики предприятия с процессами. На уровне цепи поставок СМК приобретает новые свойства и требует особых методов управления и исследования технической эффективности.

В качестве ключевых оснований в пользу эффективности применения СМК можно отметить следующие:

- сокращение затрат на всех стадиях жизненного цикла продукции (цепи поставок);
- увеличение доходов;
- улучшение управляемости цепей поставок за счет повышения обоснованности и своевременности принимаемых решений [93].

Одним из принципов системы менеджмента качества является процессный подход, с помощью которого выделяются процессы, оказывающие большое влияние на результат целей. Процессный подход считается одним из самых действенных инструментов повышения эффективности производства и управления. Суть данного подхода заключается в том, что вся деятельность предприятия рассматривается в виде набора процессов, которые взаимодействуют друг с другом.

Каждый процесс имеет входы, которые преобразуются в выходы, ресурсы, внутренних и внешних заказчиков, поставщиков и другие заинтересованные стороны. Отсюда следует, что процессы, которые осуществляются в рамках жизненного цикла продукции, определяют построение организационной структуры предприятия и цепи поставок.

Таким образом, современная система менеджмента качества включает в себя взаимосвязанные между собой структуры: организационную, документационную и информационную, и охватывает все процессы, оказывающие большое влияние на качество.

Процессный подход к управлению уже много лет считается фундаментом наиболее популярных систем управления на предприятии.

Данный подход имеет сторонников и противников. Последняя редакция стандарта ISO 9001:2025 по-прежнему основывается на процессном подходе к

управлению и процессах как объектах этого управления с акцентом на гибкости и адаптивности процессов. Так же уделяется особое внимание усилению риск-ориентированного мышления и упреждающему управлению рисками. Одним из нововведений является учет цифровой трансформации и автоматизация процессов СМК.

Каждый из процессов находится во взаимосвязи с иными процессами предприятия либо внешней средой. Система процессов отдельного предприятия представляет собой сеть (рисунок 1.2.1), которая включает процессы производственного цикла предприятия, управления и снабжения необходимыми ресурсами [204].

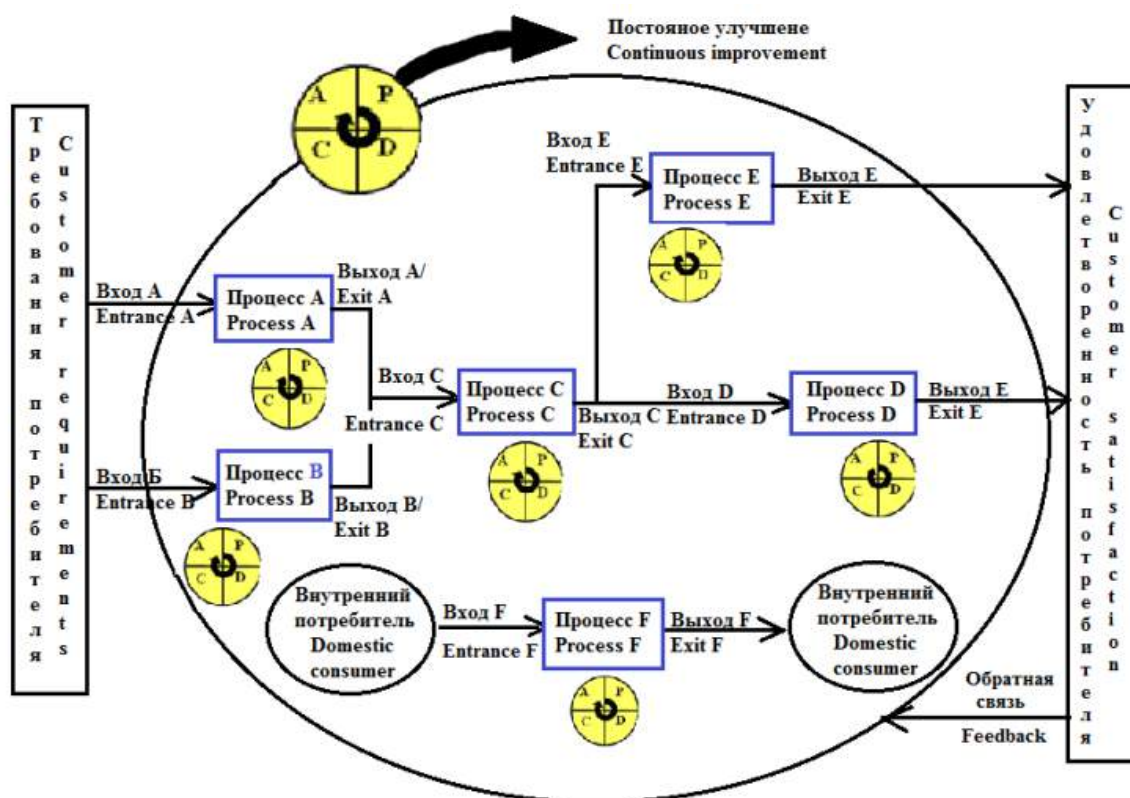


Рисунок 1.2.1 – Сеть процессов промышленного предприятия [93]

Следовательно, для внедрения системы менеджмента качества на предприятии и в цепи поставок необходимо рассматривать все обозначенные процессы.

Как видим, содержание первичного элемента системы менеджмента качества составляют потребности и ожидания потребителей создаваемого продукта. В соответствии с этим содержанием на предприятии формируются цели и политика, которые реализуются через взаимосвязанные процессы, направленные на достижение удовлетворенности потребителя. Представленная сеть процессов является основой реализации процессного управления и достижения целей и реализации долгосрочной политики.

Подтверждением развития управления процессами считается то, что реализация процессного подхода – это один из принципов международных стандартов ISO 9001. Данные стандарты являются нормативной моделью ведения производственно-хозяйственной деятельности, выработанные деловым сообществом с учетом мирового опыта.

Описание процессов должно осуществляться в зависимости от поставленных задач и уровня важности процесса. Целью описания процессов является получение ответов на вопросы: что, кто и каким образом должен реализовывать в рамках деятельности предприятия [203].

Одной из главных задач при внедрении СМК является повышение эффективности и результативности производства. Ярким примером служит старейшее предприятие, на котором была внедрена система управления качеством продукции – ПАО «Кузнецов». Данная компания является одним из крупнейших предприятий по производству двигателей для авиации, газоперекачивающих станций, энергоустановок, ракетно-космической отрасли и подвесных лодочных моторов для маломерных судов.

По отраслевой принадлежности оно относится к машиностроительным предприятиям. В ПАО «Кузнецов» накоплен многолетний опыт в области управления качеством. С 1978 по 1995 гг. на предприятии действовала комплексная система управления качеством продукции. Эффективность этой системы подтверждена высокой эксплуатационной надежностью и безотказностью выпускаемой предприятием продукции.

В 1996 г. система качества ПАО «Кузнецов» впервые прошла сертификационный аудит с выдачей органом по сертификации ФГУП «НПО Техномаш» сертификата о соответствии требованиям серии международных (МС) ИСО стандартов 9000 при производстве, обслуживании, ремонте, монтаже жидкостных ракетных двигателей и наземного стартового оборудования.

С этого времени функционирование СМК ежегодно проверяется органом по сертификации. Проверки как инспекционные (локально), так и в формате ре-сертификации (в полном объеме) направлены на подтверждение соответствия СМК требованиям МС ИСО 9000.

После объединения в 2011 г. ОАО «Самарский научно-технический комплекс имени Н. Д. Кузнецова» (СНТК) с ПАО «Кузнецов» возникла необходимость вновь сертифицировать систему с учетом введения проектно-конструкторских работ. Совместными усилиями руководителей и главных специалистов ОП «Управленческий» и основной площадки ПАО «Кузнецов» была осуществлена работа по распространению требований к СМК ПАО «Кузнецов» на производственной площадке ОАО «СНТК им Н. Д. Кузнецова». В настоящее время компания функционирует как ПАО «ОДК-Кузнецов». В 2024 году посредством сертификационного аудита, который проводил Центр сертификации «Ростех-сертификат» (входящий в АО «РТ-Техприемка»), компания подтвердила соответствие стандартам СМК.

Таким образом, по состоянию на сегодняшний день в организации действует сертифицированная СМК в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Система менеджмента качества. Требования» применительно к проектированию, разработке, производству, обслуживанию, ремонту, монтажу жидкостных ракетных двигателей и наземного стартового оборудования, авиационных двигателей, газоперекачивающих агрегатов [148].

Несмотря на то, что на предприятии накоплен достаточный опыт по использованию системы менеджмента качества, остается ряд проблем, решение которых позволит более эффективно достичь стратегических целей предприятия на основе совершенствования системы управления качеством.

Поскольку ГОСТ Р ИСО 9001–2015 направлен на применение процессного подхода при разработке, внедрении и улучшении результативности системы менеджмента качества, то в основу СМК ПАО «Кузнецов» был положен данный подход. СМК ПАО «Кузнецов» отвечает всем требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ РВ 0015–002, ОСТ 134–1028 (рисунок 1.2.2.).

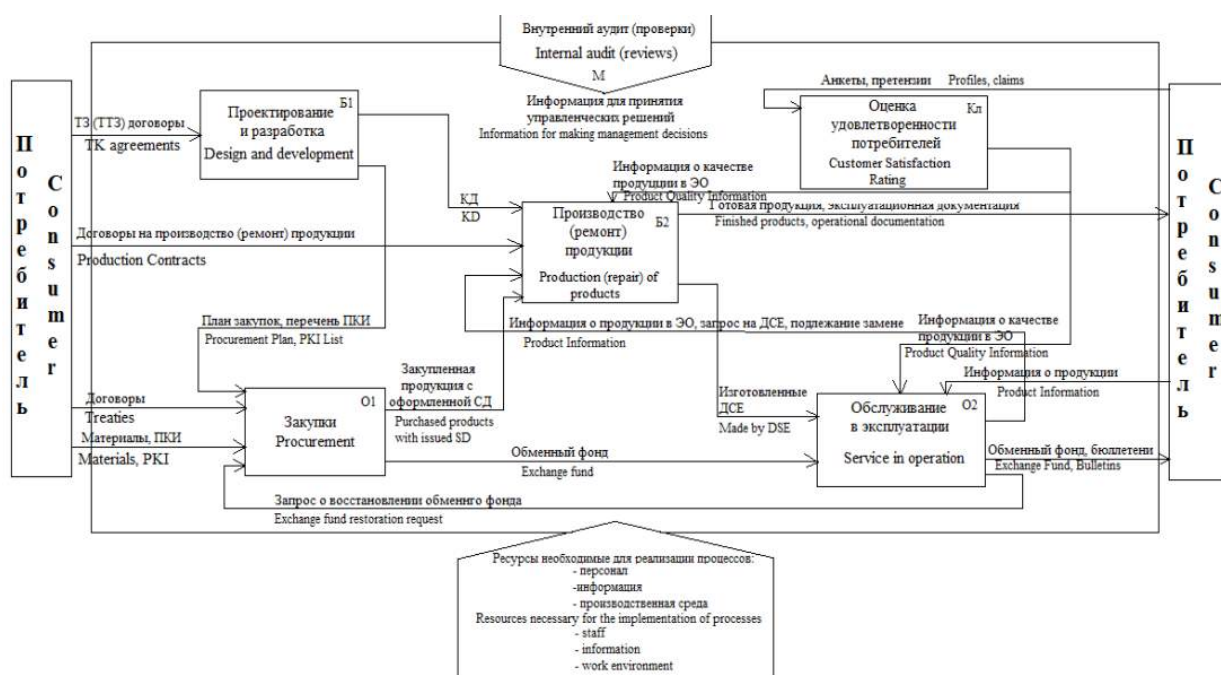


Рисунок 1.2.2 – Процессная модель СМК ПАО «Кузнецов»
(составлено автором)

Как видно из рисунка 1.2.2, процессный подход на предприятии осуществляется на основе признания высшим руководством и остальным персоналом того, что основные виды деятельности (проектирование и разработка, закупки, производство (ремонт) продукции, обслуживание в эксплуатации, оценка удовлетворенности потребителей, внутренние аудиты) рассматриваются как процессы.

Любой процесс является последовательностью связанных между собой видов деятельности и может состоять из подпроцессов различной степени сложности.

В организации установлено, что процессы классифицируются по степени их влияния на достижение главной цели организации (удовлетворение общественных потребностей и получение прибыли) с присвоением соответствующих буквенных индексов на:

«Б» – основные (базовые) процессы;

«О» – обеспечивающие процессы;

«Кл» – ключевые процессы;

«М» – процессы менеджмента.

Основные (базовые) процессы – это процессы, результатом которых являются проектирование, разработка, производство и ремонт продукции.

Обеспечивающие процессы – это процессы, результатом которых является формирование необходимых условий для реализации базовых процессов.

Ключевые процессы – процессы, оказывающие воздействие на достижение основной цели организации – удовлетворение требований потребителей.

Процессы менеджмента – это процессы, результатом которых является повышение результативности базовых, обеспечивающих и ключевых процессов [222].

При выборе метода описания процессов ПАО «Кузнецов» учитываются такие условия:

- задачи, которые предприятие решает, внедряя процессный подход;
- размер и тип работы предприятия;
- многосложность процессов и их взаимодействия, риски;
- квалификация персонала предприятия;
- устоявшаяся практическая деятельность и др.

Процессный подход базируется на цикле PDCA. Эффективное усовершенствование процессов ПАО «Кузнецов» с использованием цикла PDCA на стабильной основе допускается при наличии заинтересованности участников процесса в его постоянном улучшении.

Методом для использования возможностей участников как «двигающей силы усовершенствования» является учет достижения целей ПАО «Кузнецов».

Цели процессов ПАО «Кузнецов» определяются с учетом стратегии предприятия:

- цели, направленные на реализацию функций, реализуются через описание процессов;
- цели по улучшению деятельности реализуются через осуществление проектов.

Ключевые показатели эффективности КРІ, которые показывают степень достижения стратегических целей, используют в качестве показателей результативности и эффективности процессов.

Таким образом, полагаем, что данный подход позволяет ПАО «Кузнецов»:

- согласовать стратегию и цели предприятия с деятельностью с помощью процессов;
- выработать успешную концепцию мотивации, которая базируется на учете определенного результата;
- повысить сбалансированность и согласованность выделенных процессов на предприятии в рамках СМК;
- разработать и внедрить систему внутренних отношений «клиент-поставщик»;
- создать благоприятные условия исследования внутренних процессов с точки зрения добавленной ценности.

За последние годы благодаря функционированию СМК в соответствии с МС ИСО серии 9000 и применению процессного подхода предприятие добилось высоких результатов.

Таким образом, внедрение процессного подхода к управлению позволило ПАО «Кузнецов» приобрести и использовать следующие конкурентные преимущества:

- оптимизация системы управления, формирование ее прозрачности для руководства и умение гибко реагировать на перемены внешней среды;

- приобретение и применение системы критериев для оценки результативности управления на любой стадии производственной или управленческой цепи;
- обеспечение уверенности у инвесторов в том, что имеющаяся система управления нацелена на непрерывный рост результативности и максимальный учёт интересов заинтересованных сторон;
- определение порядка и ответственности за разработку, согласование и утверждение документации;
- возможность высшему руководству сконцентрироваться на решении стратегических задач и процессов.

Интерес так же вызывает система менеджмента качества АО «Казанькомпрессормаш», которая выстроена на основе современных российских и международных стандартов и направлена на достижение основной цели предприятия – обеспечение гарантированно высокого качества изготавливаемого оборудования и предоставляемых услуг. АО «Казанькомпрессормаш» внедряет и поддерживает интегрированную систему менеджмента, которая сертифицирована на соответствие следующим требованиям:

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 – российский национальный стандарт, который соответствует международному стандарту ISO 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования»;
2. ГОСТ Р ИСО 14001–2016 – российский национальный стандарт, являющийся адаптацией международного стандарта ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»;
3. ГОСТ Р ИСО 45001–2020 – российский национальный стандарт, который является адаптацией международного стандарта ISO 45001:2018 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда. Требования с руководством по применению»;
4. Требования системы менеджмента качества СТО ГАЗПРОМ 9001–2018 – что подтверждает соответствие продукции и услуг предприятия высоким отраслевым стандартам.

Интегрированная система менеджмента, действующая в АО «Казанькомпрессормаш», обеспечивает комплексный подход к управлению качеством, экологической безопасностью и охраной труда, что способствует повышению эффективности производственных процессов, снижению рисков и выполнению требований заказчиков и нормативных документов. Схема СМК отражает взаимосвязь ключевых процессов – от проектирования и закупок до изготовления и поставки готовой продукции (рисунок 1.2.3).



Рисунок 1.2.3 – Процессы в рамках СМК АО «Казанькомпрессормаш»
(обобщено автором)

Внедрение и поддержание системы менеджмента качества на предприятии АО «Казанькомпрессормаш» обеспечивает комплексный контроль и оптимизацию всех этапов производства компрессорного оборудования, позволяет повысить качество выпускаемой продукции, снизить издержки, минимизировать риски появления брака, что способствует сохранению лидирующих позиций на рынке и укреплению доверия партнеров и клиентов к предприятию.

Документация СМК АО «Казанькомпрессормаш» отражает приверженность предприятия принципам обеспечения высокого качества продукции и услуг. Включая в себя Политику и цели в области качества, а также полный

перечень регламентирующих документов, данная документация служит основой для эффективного планирования, реализации, контроля и постоянного улучшения процессов. Четко сформулированные цели и системный подход к управлению качеством обеспечивают соответствие продукции требованиям заказчиков и нормативным требованиям, способствуют повышению конкурентоспособности предприятия и укреплению доверия со стороны партнеров и клиентов.

Процессный подход применяется не только на промышленных предприятиях. Он может быть рекомендован для использования на предприятиях и в организациях различных сфер деятельности. Для этого целесообразно использовать методологию управления процессами, способствующую тактичному формированию процессного управления. По данной методологии предприятие должно:

- а) определить процессы, которые необходимы для системы менеджмента, и порядок их использования внутри предприятия;
- б) определить последовательность данных процессов и их взаимосвязь;
- в) установить критерии и способы результативности при осуществлении и управлении данными процессами;
- г) обеспечить ресурсами и информацией, которая необходима для поддержки этих процессов и их отслеживания;
- д) осуществлять мониторинг, измерение и анализ данных процессов;
- е) принять меры, необходимые для свершения запланированных результатов и непрерывного улучшения данных процессов [1].

Выполнение указанных мероприятий позволит предприятиям достигать своих целей в максимально короткие сроки при минимально возможных затратах. При этом необходимо учитывать, что данная система будет эффективно работать только в случае правильно расставленных приоритетов деятельности.

Одним из способов повышения качества управления процессами производства на машиностроительном предприятии является использование инстру-

ментов бережливого производства. Применение данной концепции может значительно повысить эффективность производства путем сокращения всех видов потерь и увеличить ценность конечного продукта для потребителя. Практически во всех отраслях ведущих стран мира концепция бережливого производства является общепризнанной успешной стратегией индустриального развития.

В нашей стране к исследованию методов бережливого производства обращались такие ученые, как Бельш К. В. [24], Мирошниченко М. А. [163], Провирин Н. В. [197], Селиверстов А. С. [210], Степанова К. М. [217] и т.д. Ими представлены работы, раскрывающие основные принципы бережливого производства и преимущества их использования в различных сферах.

Согласно ГОСТ Р 56407–2015 «Бережливое производство. Основные методы и инструменты» основными методами бережливого производства являются:

- стандартизация работы;
- организация рабочего пространства 5S;
- картирование потока ценности (VSM);
- быстрая переналадка (SMED);
- визуализация;
- защита от непреднамеренных ошибок (PokaYoke);
- всеобщее обслуживание оборудования (TPM) [67].

Также важной составной частью бережливого производства является система КАНБАН [259].

Для повышения конкурентоспособности машиностроительного производства в Российской Федерации, в первую очередь, необходимо повышать эффективность процесса организации производства.

Основные недостатки при организации машиностроительного производства – перерасход ресурсов, планируемых для организации производства, невыполнение сроков, в которые необходимо организовать производство и отклонения в производственных технологиях, которые должно реализовывать произ-

водство для обеспечения требуемого качества продукции. В этой связи полагаем, что правомерно предположить, что наряду с процессным подходом к управлению системой менеджмента качества машиностроительного предприятия следует применять проектный подход в управлении. Организация производства продукции машиностроения – это сложная управленческая задача. В настоящее время наиболее эффективным методом реализации идей, доведения их до практического использования в необходимые сроки и с потребным расходом материальных и финансовых ресурсов является проектный подход к организации и осуществлению управления [225].

Управление проектом – это управление целенаправленными изменениями для успешного выполнения запланированных работ в соответствии с изначально установленными целями и требованиями по:

- срокам;
- стоимости;
- объему работ.

Практически методология управления проектами помогает:

- обосновать целесообразность инвестиций;
- разработать оптимальную схему финансирования работ;
- составить план работ, включающий сроки исполнения работ, потребление ресурсов, необходимые затраты;
- оптимально организовать исполнение работ и взаимодействие участников проекта;
- осуществлять планирование и управление качеством;
- осуществлять анализ и управление проектными рисками;
- оптимально планировать и управлять контрактами;
- анализировать отклонения фактического хода выполнения работ от запланированного и прогнозировать последствия возникающих отклонений;
- моделировать корректирующие воздействия на информационных моделях проектов и принимать обоснованные управленческие решения;

– вести архивы проектов и анализировать опыт их реализации, который может быть использован в других проектах [49].

Для того, чтобы избежать подобного рода недостатков, необходимо использовать проектный подход к управлению. Проектный подход к организации производства – это инструмент для получения быстрого и ощутимого результата за счет более структурированной организации работ, ориентированности на достижение конкретного результата, возможности предусмотреть большинство из возможных изменений при достижении поставленной цели и разработки методов по их нейтрализации.

На начальной фазе внедрения проектного управления необходимо доказать, что внедрение управления проектами является привлекательным для предприятия и предназначено для реализации стратегических планов и достижения уставленных на долгосрочную перспективу целей. Также для руководителя важно помнить, что на протяжении всего периода реализации проекта главной целью является не само внедрение метода, а повышение эффективности менеджмента от использования наиболее рациональных методик управления в конкретной ситуации. Проект внедрения – это долговременная деятельность, требующая изменения организационной структуры предприятия, новой корпоративной культуры, вложения денежных средств.

Управление проектом является ключевым инструментом реализации стратегии развития предприятия и составляет основу системы стратегического развития, так как обеспечивает деятельность по планированию, руководству, координации трудовых, финансовых и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла проектов развития предприятия. Место проектного управления представлено на рисунке 1.2.4.



Рисунок 1.2.4 – Место управления проектами среди этапов стратегического управления проектами технологического суверенитета (составлено автором)

Таким образом, можно определить, что цель проекта – внедрение проектного управления в деятельность машиностроительного предприятия для реализации стратегических планов и достижения поставленных на долгосрочную перспективу целей.

Практически методология управления проектами помогает [260]:

- обосновать целесообразность инвестиций;
- разработать оптимальную схему финансирования работ;
- составить план работ, включающий сроки исполнения работ, потребление ресурсов, необходимые затраты;
- оптимально организовать исполнение работ и взаимодействие участников проекта;

- осуществлять планирование и управление качеством;
- осуществлять анализ и управление проектными рисками;
- оптимально планировать и управлять контрактами;
- анализировать отклонения фактического хода выполнения работ от запланированного и прогнозировать последствия возникающих отклонений;
- моделировать корректирующие воздействия на информационных моделях проектов и принимать обоснованные управленческие решения;
- вести архивы проектов и анализировать опыт их реализации, который может быть использован в других проектах.

Необходимо отметить, что проблематика повышения эффективности управления промышленным предприятием непосредственно связана с таким аспектом, как внедрение интегрированной системы менеджмента, которая отвечает одновременно требованиям двух и более международных стандартов качества. Как правило, на промышленных предприятиях применяют интегрированные системы менеджмента, сертифицированные по ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 и другим стандартам семейства ISO.

Отраслевая специфика применения интегрированной системы менеджмента нашла отражение в монографиях с учетом специфики оборонно-промышленного комплекса [85], здравоохранения [134], пищевой промышленности [202] и др.

Для повышения управляемости бизнес-процессами и роста доверия со стороны партнеров промышленных предприятий следует сертифицировать систему менеджмента качества организации.

Стоимость работ по сертификации систем менеджмента качества зависит от ряда факторов и складывается из следующих основных статей расходов:

- фонд заработной платы штатного персонала органа по сертификации;
- вознаграждения, выплачиваемые привлекаемым аудиторам, национальным экспертам, рецензентам;
- лицензионные сборы органа по сертификации;
- затраты на передвижения аудиторов (командировочные расходы);

– другие вспомогательные расходы (налоги, арендные и другие платежи).

Принято определять стоимость по сертификации в зависимости от трудоемкости работ и тарифов (стоимости) одного человеко-дня.

Трудоемкость работ по сертификации систем менеджмента качества и цепочек поставок зависит от размеров оцениваемого предприятия, удаленности арендных баз и производственных объектов, численности персонала, количества структурных подразделений, сложности и специфики продукции или услуг, на которые распространяется действие системы менеджмента, видов деятельности, применяемых технологических процессов, количества филиалов, вида сертификатов соответствия, а также других значимых факторов. При установлении тарифов учитываются: налоги, заработная плата экспертов-аудиторов и вспомогательного персонала, стоимость расходных материалов, услуг связи, аренды помещения, обслуживания оборудования, оплата первичной аккредитации, последующего инспекционного надзора. При увеличении областей сертификации и видов продукции более чем на одну область сертификации и один вид продукции, стоимость увеличивается на 10% для каждой дополнительной области сертификации и каждого дополнительного вида продукции [208].

Методология разработки и практического внедрения системы менеджмента качества базируется на синергии требований стандартов СМК и законодательно установленных норм (федеральных законов и технических регламентов), определяющих эксплуатационную безопасность выпускаемой продукции (таблица 1.2.1) [213].

Таким образом, для повышения конкурентоспособности производственно-хозяйственной деятельности предприятий машиностроительной отрасли необходимо внедрение в практику интегрированной системы менеджмента, которая представляет собой совокупность двух и более систем менеджмента, функционирующих как единое целое. При этом организация интегрированной системы менеджмента должна протекать на сочетании процессного и проектного подхода к управлению системами.

Таблица 1.2.1 – Законодательные и нормативно-правовые акты РФ, регламентирующие требования по безопасности продукции для потребителей (составлено автором)

Законодательные и нормативные документы РФ	Характеристика документа
ФЗ РФ «О защите прав потребителей» № 2300-1 от 07.02.92 (ред. от 18.07.2019 г.)	Закрепляет требования к реализации продукции, регламентирует безвредность готовой продукции, применяемого сырья, материалов для населения и получаемых отходов для окружающей среды.
ФЗ РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 24.07.2023 (с изменениями)	Определяет главные направления в области сохранения санитарного благополучия населения России, включая санитарные вопросы безопасности продуктов и сырья.
ФЗ РФ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 02.07.2021)	Закрепляет требования к безопасности продукции, процессов производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

В контексте обеспечения технологического суверенитета и технологической локализации производства важным представляется выделить основные элементы СМК на предприятии машиностроения [179]:

- организация системы контроля качества – необходимые средства для осуществления контроля и сотрудники, отвечающие за качество;
- производственные процессы – взаимосвязанные элементы функциональной деятельности предприятия;
- процедура или регламент - установленный порядок деятельности;
- производственная документация – информация, относящаяся к условиям технологического процесса производства продукции, должностным обязанностям, инструкциям;
- производственные ресурсы, позволяющие осуществлять менеджмент качества.

В производственных системах машиностроения существует множество противоречий, таких, как частые динамические колебания, и процесс эксплуатации должен учитывать глобальные показатели. Реализация крупномасштабных проектов по импортозамещению может сопровождаться такими проблемами в части качества производственных процессов как избыточность данных,

излишние мощности, нерациональная организация производства, сверхнормативный расход ресурсов. Кроме того, закупка сырья, использование и распределение ресурсов и энергии, а также методы управления ими напрямую определяют рабочее состояние производственной системы, что, в свою очередь, влияет на эффективность производства, качество продукции, себестоимость продукции и т.д.

Интегрированная система менеджмента предполагает использование производственных платформ, таких как ERP и MRP, для обеспечения обмена информацией производства, ориентированного на заказ, и своевременную поставку продукции. Автоматизация управления производством позволяет предотвращать непредвиденные проблемы путем реализации отдельных проектов по улучшению бережливого производства. Однако здесь возможны проблемы, основанные на большом объеме избыточных данных, которые могут снижать эффективность и точность управления. Построение производственных платформ должно быть основано на модульном управлении, охватывающем все этапы жизненного цикла производства импортозамещающей продукции, и совместимом с развитием информатизации предприятия [124,303].

Полагаем, что согласно распоряжению Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р [140], ключевыми угрозами для технологического развития России до 2030 года, характерными для предприятий машиностроения, являются:

- увеличение сложности технологий, что влечет за собой необходимость наработки соответствующих компетенций и кооперации исследований;
- несоответствие спроса и предложения на рынке металлов и прочих материалов для комплектующих изделий;
- недостаток отечественной высокотехнологичной продукции ввиду длительного импорта технологий и оборудования;
- нарушение производственно-логистических цепочек в области технологий под воздействием геополитических ограничений;

– сдерживание реализации отечественных НИОКР по причине разрыва кооперационных связей с зарубежными научно-технологическими партнерами, ограничение доступа к базе изобретений и оборудованию.

К примеру, дефицит на рынке металлов обусловил производственную необходимость ПАО «КАМАЗ» в сырье и определил задачу поиска альтернативных поставщиков. В программу предприятия по импортозамещению закупок вошла номенклатура импортных материалов для литейного производства (69 позиций) и перечень импортных металлов (24 позиции) [118].

Обеспечение технологической локализации производства в условиях ограничения научных заделов, кадровых, материальных и финансовых ресурсов требует параллельного развертывания двух процессов: развития науки и производственной системы. Для целей кооперации субъектов данных процессов необходимы новые организационные формы управления и сетевой формат их взаимодействия. В том числе системы менеджмента качества на предприятиях должны быть интегрированными и учитывать все элементы управления качеством, присущие машиностроению в период достижения технологической независимости.

Как часть разнообразных стандартизированных норм, устанавливающих требования и руководства по внедрению СМК, стандарт ISO 9001 является одним из наиболее широко признанных на мировом уровне и применим к организациям машиностроения независимо от их размера и характера. Данный стандарт обеспечивает необходимую инфраструктуру, процедуры и ресурсы для осуществления контроля производительности и эффективности производства, качества продукции.

Система менеджмента качества ПАО «КАМАЗ», включающая пять основных элементов, направлена на обеспечение качества производственных процессов и продукции (рисунок 1.2.5).

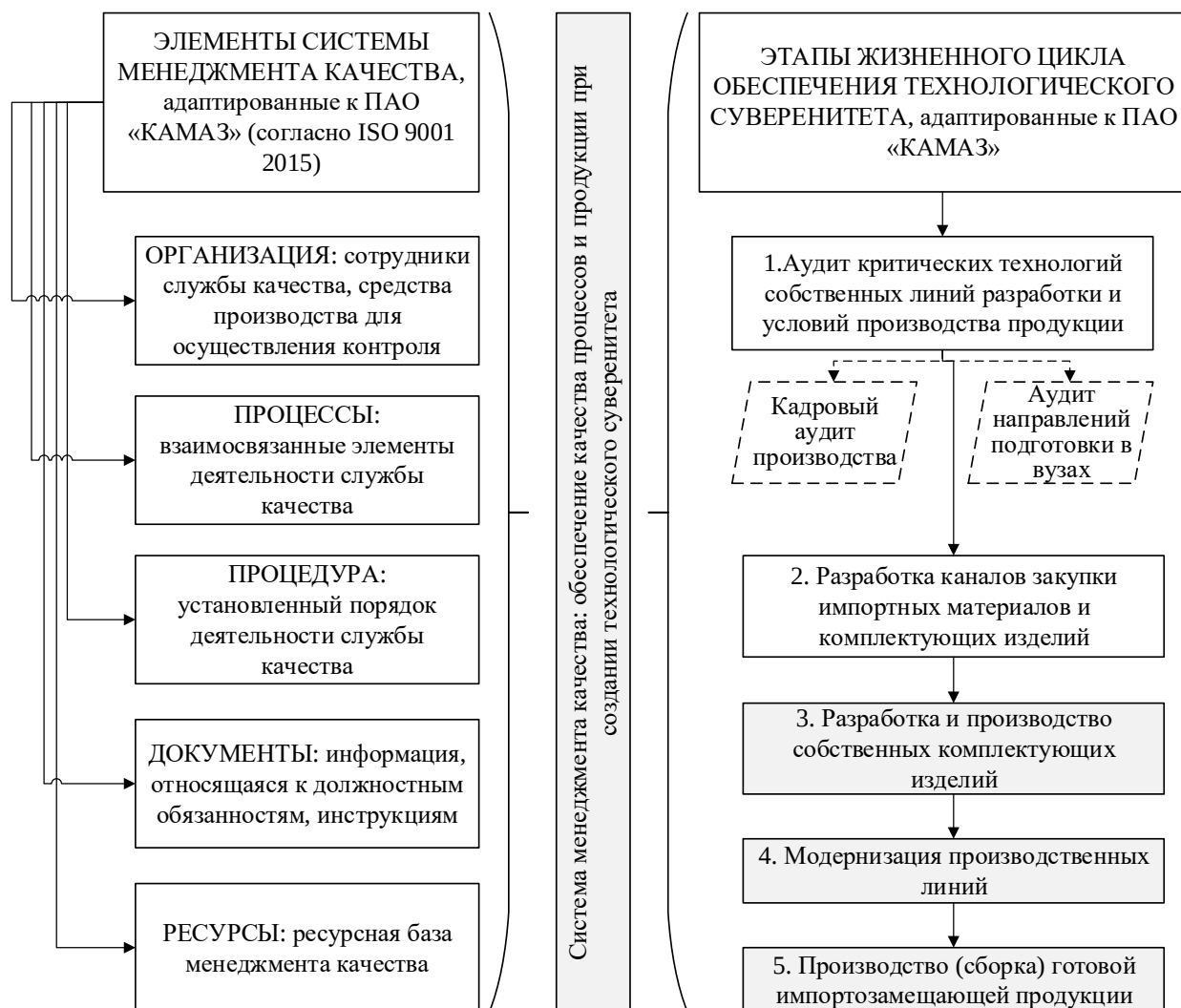


Рисунок 1.2.5 – Архитектура СМК и этапов жизненного цикла обеспечения технологического суверенитета ПАО «КАМАЗ» (составлено автором)

Представленная на рисунке 1.2.5 архитектура системы менеджмента качества и этапов жизненного цикла обеспечения технологического суверенитета ПАО «КАМАЗ» отражает авторский подход к интеграции стандартизированных инструментов управления качеством в стратегию достижения технологической независимости.

В данной схеме следует выделить три блока:

1. Институционально-функциональный базис СМК (левый блок схемы).

Левая часть модели представляет собой адаптированную под специфику ПАО «КАМАЗ» структуру элементов СМК, основанную на требованиях стандарта ISO 9001:2015. В модели присутствуют пять фундаментальных компонентов, которые формируют «инфраструктуру качества»:

- организационный компонент: кадровый потенциал службы качества и средства технологического оснащения для проведения контроля;

- процессный и процедурный компоненты: определяют иерархию взаимосвязанных видов деятельности и регламентированный порядок их выполнения, что обеспечивает надлежащее выполнение работ в области качества;

- документарный и ресурсный компоненты: формируют информационную базу должностных компетенций и материально-технический фундамент менеджмента качества.

2. СМК как интегратор процессов технологического суверенитета (Центральная ось схемы).

Центральным связующим звеном представленной архитектуры является положение том, что система менеджмента качества является базисом, определяющим надежность процессов при создании технологического суверенитета. СМК обеспечивает сквозную прозрачность и контроль на всех этапах перехода от импортозависимости к импортозамещению, гарантируя, что внедряемые отечественные аналоги не уступают (или превосходят) зарубежные образцы по параметрам эксплуатационной эффективности.

3. Операционный цикл обеспечения технологического суверенитета (Правый блок схемы).

Правая часть схемы детально описывает жизненный цикл реализации проектов технологической независимости, разделенный на пять этапов:

1. Комплексный аудит, который подразумевает включение в него не только технических линий, но и кадрового потенциала, а также направлений подготовки в профильных вузах, что подчеркивает значимость образовательно-производственного кластера для формирования «научного задела» суверенитета.

2. Управление цепочками поставок, направленное на формирование устойчивых каналов закупки импортных материалов на переходном этапе для обеспечения ритмичности производства.

3. Фактическая разработка и постановка на производство собственных автокомпонентов и комплектующих изделий.

4. Модернизация производственных мощностей ПАО «КАМАЗ» под специфику новых технологических процессов и материалов.

5. Выпуск готовой импортозамещающей продукции, соответствующей целевым показателям качества.

Таким образом, предложенная архитектура позволяет рассматривать достижение технологического суверенитета не как изолированную инженерную задачу, а как управляемый бизнес-процесс в рамках СМК. Синергия классических элементов качества (слева) и этапов суверенного развития (справа) обеспечивает возможность системного масштабирования проектов импортозамещения при сохранении высоких стандартов надежности выпускаемой техники.

Анализируя показатели системы менеджмента качества ПАО «КАМАЗ» в 2010–2020 годах можно наблюдать существенное снижение числа дефектов автомобилей (в 6,8 раза) и коэффициента дефектности АРА (в 13,8 раза) (рисунок 1.2.6). На фоне снижения дефектности автомобилей наблюдается позитивная динамика снижения потерь от брака за аналогичный период в 14 раз.



Рисунок 1.2.6 – Динамика уровня дефектности автомобилей в ПАО «КАМАЗ»
(составлено автором по [201])

Рекламации по автомобилям КАМАЗ в этот период имеют нестабильную динамику и варьируются в 2010–2020 годах от 1,1 до 2,6% к гарантийному парку. Затраты на сервисное обслуживание и гарантийный ремонт возросли в 5,7 раза и составили в 2020 году 1390,6 млн рублей. Коэффициент удовлетворенности потребителей продукции ПАО «КАМАЗ» по десятибалльной шкале за исследуемый период снизился с 7,9 до 7,4. Тем не менее, это относительно высокий показатель среди российских предприятий автопрома. Экономический эффект от работы KVP групп или групп по постоянному улучшению контроля качества предприятий составил в 2020 году 115 млн. рублей (таблица 1.2.2).

Таблица 1.2.2 – Результаты работы системы менеджмента качества ПАО «КАМАЗ» в 2010–2020 гг. (составлено автором по [199])

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Снижение потерь от брака, млн рублей	89,6	81,4	81,4	60,1	54,6	491,5	1560,0	1420,0	1244,3	1571,1	1247,4
Затраты на сервисное обслуживание и гарантийный ремонт, млн рублей	243,1	233,3	193,0	83,0	64,0	123,2	232,7	176,6	395,4	678,3	1390,6
Рекламации по автомобилям КАМАЗ, % к гарантийному парку	1,9	1,7	2,3	1,4	1,1	1,6	1,6	2,4	2,3	2,1	2,6
Коэффициент удовлетворенности потребителей (по 10-балльной шкале)	7,9	7,7	7,8	7,8	7,9	7,6	7,3	7,3	7,5	7,2	7,4
Экономический эффект от работы групп по постоянному улучшению, млн рублей	25,4	30,1	38,6	40,5	66,2	69,4	83,2	105,8	84,5	107,6	115,1

Изначально, ПАО «КАМАЗ» начало выпускать новые автомобили К5 (КАМАЗ-54901) в сентябре 2020 года. Кабина автомобиля была создана на основе модели Mercedes-Benz Actros, автомобиль комплектовался автоматической коробкой передач германской ZF Traxon, задний мост был производства Daimler. С введением санкций в феврале 2022 года завод занялся импортозамещением узлов К5, но минимальные объемы выпуска сохранялись.

В 2023 году ПАО «КАМАЗ» возобновило серийное производство премиум-грузовиков серии К5 на новой компонентной независимой базе с частично импортными и отечественными комплектующими. За 2022 год на заводе полностью перестроили логистику поставок запасных частей, а также для автомобиля КАМАЗ-54901 предприятием был освоен выпуск комплектующих более 2000 наименований. КАМАЗ заменил коробку передач, ведущий мост и другие узлы автомобиля.

При этом количество жалоб покупателей по первой партии автомобилей поколения К5 модернизированной линейки (март-май 2023 года) выросло на 34,9%. Согласно комментариям руководства ПАО «КАМАЗ», увеличился и уровень дефектности автомобилей К5 на 21,4% по результатам проверки качества продукции на производстве. Кроме того, недостаточная квалификация привлеченных работников и знание ими технологических процессов снизили также показатель технологической дисциплины до 0,847 при базовом уровне 0,930 [201].

По результатам проведенного анализа, основными общими причинами снижения показателей качества автомобилей К5 в ПАО «КАМАЗ» стали:

- нестабильное качество комплектующих изделий;
- низкая эффективность взаимодействия подразделений на функциональном уровне;
- недостаточная квалификация привлеченных работников и знание ими технологических процессов;
- низкая вовлеченность персонала в деятельность по повышению качества выпускаемой продукции.

Следует отметить, что качество модельного ряда КАМАЗа в целом по итогам 2023 года выросло, а именно, число жалоб на 100 автомобилей КАМАЗ снизилось:

- по автобусам – на 74,8%,
- по электробусам – на 60,3%,
- по автомобилям серии К3 – на 10,4%.

Общий коэффициент дефектности на каждый автомобиль (DPV) снизился на 9,7%, а потери от брака сократились на 1,4%.

На рисунке 1.2.6 представлена логическая модель причинно-следственных связей результативности СМК ПАО «КАМАЗ» при производстве импортозамещающего автомобиля КАМАЗ-54901.



Рисунок 1.2.6 – Логическая модель причинно-следственных связей результатов СМК ПАО «КАМАЗ» при производстве импортозамещающего автомобиля КАМАЗ-54901 (составлено автором)

Цепь процессов жизненного цикла производства «независимого» автомобиля показана во взаимосвязи с причинами снижения качества автомобиля и несовершенной работой элементов СМК.

Так, нестабильное качество комплектующих изделий допущено по причине низкого уровня организации и ресурсов СМК, в том числе, возможно отсутствие соответствующих методик и средств контроля. Низкая эффективность взаимодействия подразделений на функциональном уровне является след-

ствием некачественного построения процессов и процедур при реализации контроля за качеством производственных процессов. Кроме того, причиной может быть некорректная производственная документация и документация СМК.

Недостаточная квалификация привлеченных работников и неглубокое знание ими технологических процессов привели к нарушению качества сборки автомобилей. Контроль за наличием у персонала требуемых компетенций должен осуществляться в рамках элементов СМК «документация» и «ресурсы». Низкая вовлеченность персонала в деятельность по повышению качества продукции ПАО «КАМАЗ» является следствием некачественной организации системы управления качеством, отсутствием должной мотивации сотрудников и пр.

Наряду с локальной СМК на предприятии следует обратить внимание на уровень сформированности интегрированной системы менеджмента ПАО «КАМАЗ». На начало 2023 года ситуация складывалась так, что значительное количество задач по созданию интегрированной системы менеджмента на предприятии еще не было решено (рисунок 1.2.8).

Как видно, среди нерешенных задач по формированию ИСМ на тот момент отмечены позиции в части организации контроля качества, мотивации сотрудников, создания единых планов и методов обучения персонала, вовлечения сотрудников в деятельность по постоянному улучшению. По перечисленным направлениям работа пока ведется достаточно разрозненно, что затрудняет повышение эффективности функционирования службы качества на производстве.

Задачи интегрированной системы менеджмента (ИСМ) ПАО «КАМАЗ»
ЗАДАЧИ РЕШЕНЫ
Единые механизмы и процедуры определения и доведения до сведения работников обязанностей, ответственности, полномочий и соответствующих функций
Общие процедуры управления документированной информацией, общие формы представления документированной информации
Единый перечень документов внедренных систем на рабочих местах, участках и в отделах
Единая процедура по созданию, актуализации документированной информации
Единый подход к планированию
Процедура и критерии выбора, оценки, мониторинга, развития поставщиков: учитываются требования всех внедренных систем
ЗАДАЧИ РЕШЕНЫ ЧАСТИЧНО
Объединены все локальные системы менеджмента в ИСМ
Общие, единые цели организации, сбалансированные цели в области ИСМ
Требования к поставщикам и внешнему снабжению определяются совместно, общий перечень требований к поставщикам.
Общие процедуры мониторинга, измерения, анализа и оценки, единые процедуры сбора данных
Единая процедура анализа причин несоответствий
ЗАДАЧИ НЕ РЕШЕНЫ
Создание общего руководства по ИСМ
Назначение единого представителя высшего руководства по ИСМ
Разработан и действует один подход для внедренных систем
Определена область действия каждой системы и элементы для их интеграции, анализ на наличие противоречий, дублирования функций и документации и т.д.
Применение высшим руководством единых подходов, способов и механизмов демонстрации лидерства, приверженности, взятых обязательств в отношении систем менеджмента
Разработана политика по ИСМ или действуют отдельные политики на системы менеджмента, единые способы доведения политик до персонала
Процесс выявления, оценки, разработки мероприятий для снижения рисков их переоценка и определение возможности применены ко всем системам одинаково
Единая процедура по установлению, каскадированию, мониторингу и мотивации работников к достижению целей
Совместное управление ресурсами, а именно единая процедура принятия решений по управлению ресурсами, согласования по обеспечению
Единые методы мотивации персонала
Единая база знаний ИСМ
Единые планы, программы, методы обучения
Общие каналы, способы и методы обеспечения осведомленности
Общие каналы, способы и методы обмена информацией
Единый подход к управлению
Управление выходными данными всех внедренных систем менеджмента
Общие процедуры проведения внутренних аудитов
Подготовлены внутренние мультиаудиторы, каждый из которых может проверять все системы менеджмента
Общие процедуры проведения анализа со стороны руководства
Единая процедура по разработки корректирующих действий
Общие формы организации работников для вовлечения в деятельность по постоянному улучшению

Рисунок 1.2.8 – Уровень сформированности интегрированной системы менеджмента ПАО «КАМАЗ» в 2023 году (составлено автором по [182])

В целом для формирования и функционирования интегрированной системы менеджмента в ПАО «КАМАЗ» были выполнены следующие шаги:

- 1) определение процессов, составляющих область интеграции;
- 2) оценка текущего состояния СМК в области интеграции;
- 3) оценка текущих процессов в соответствии с текущей документацией СМК;
- 4) обновление документации процессов и определение маркеров.

Процессы и виды деятельности, влияющие на область интеграции, были определены путем разработки предложения по обновленной организационной структуре. Был проведен анализ SWOT, чтобы установить текущее состояние области, поскольку согласно ГОСТ Р ИСО 9001–2015, организация должна определить внутренние и внешние проблемы, имеющие отношение к достижению результатов СМК. Степень соответствия СМК в области интеграции была определена путем сравнения имеющейся документации с нормами ГОСТ Р ИСО 9001–2015 [295].

В 2024 и 2025 годах ПАО «КАМАЗ» осуществляло совершенствование системы менеджмента качества, в первую очередь, по модернизированным технологическим линиям производства критической импортозамещающей продукции. Совершенствование СМК обеспечивает формальность изменений в процессах в связи с запросом на производство импортозамещающей продукции. Предприятию необходима формальная среда для проверки процессов и разработки соответствующей документации в целях минимизации проблем в управлении качеством.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить неустойчивость системы менеджмента качества ПАО «КАМАЗ», несоответствие работы службы качества принципам СМК, сформулированным в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001–2015. СМК, как сложная система, в результате реализации программы импортозамещения на производстве вышла из состояния равновесия и проявила неустойчивость в реализации своих функций. Результатом сбоя в работе системы

менеджмента качества явилось снижение качества производственных процессов, промежуточной и конечной продукции.

Совершенствование СМК модернизирует и укрепляет организационную структуру и позволяет персоналу понимать последствия нарушения качества процессов и продукции. Вместе с тем СМК как ПАО «КАМАЗ», так и других предприятий машиностроения, не являются статичными и нуждаются в реинжиниринге вследствие таких факторов, как внедрение новых форм организации производства, новых или совершенствованных технологических линий, изменение ассортимента продукции ввиду естественного изменения рынка, а также по причине формирования новых научно-производственных цепочек для обеспечения технологической локализации производства.

Методика оценки эффективности модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок и ее апробация будут подробно представлены в 5 и 6 главах, соответственно.

1.3 Тенденции изменения технической эффективности цепей поставок машиностроительного комплекса как предпосылки обеспечения технологической локализации производства

При переходе к шестому технологическому укладу и мировое научное сообщество, и менеджмент предприятий испытывают потребность в систематизации общих трендов развития систем управления качеством промышленного предприятия, которые в дальнейшем используются как фундаментальная база для разработки промышленной политики и повышения требований к качеству процессов производства, экологическим требованиям, охране труда и безопасности процессов производства. Предприятия обрабатывающего сектора, к которым также относится отрасль машиностроения, в силу высокой капиталоемкости производства в анализе динамики качества управления при смене технологических укладов особое внимание должны уделять таким характеристикам процессов с позиции их качества, как производительность труда, энергоемкость

производства, обновление основных фондов, инвестиции в основной капитал, расширение и диверсификация производства, технологические инновации, фондовооруженность труда и т.п.

Проблематика качества управления предприятием, а также мезо и макро-системами в процессе смены технологического уклада более полно представлена в исследованиях ученых: А.А. Акаева [1], С.Ю. Глазьева [50], О.Г. Голиченко [51], Г.Б. Клейнер [132], Н.Д. Кондратьева [138], Д.С. Львова [154], В.М. Полтерович [190], Й. Шумпетер [300], Ю.В. Яковец [271], В.А. Полякова [191], Цедилина А.Н., Макаренкова Д.А., Беренгартен М.Г. [254] и др.

Проанализировать динамику качества управления предприятием в процессе смены технологического уклада можно, опираясь на агрегированные данные Росстата по обрабатывающей промышленности России. Росстат имеет специальные разделы, где аккумулируются динамические ряды по совокупности индикаторов качества управления промышленным предприятием, в частности разделы по эффективности промышленности России, технологическому развитию, инновациям. Эти данные будем использовать для проведения аналитических исследований – анализа трендов [206].

Импортозамещение в машиностроении в виде реализации обеспечения технологической локализации производства является стратегической задачей для обеспечения устойчивого развития промышленности и повышения качества продукции. Его эффективность зависит от множества взаимосвязанных факторов, которые можно разделить на внутренние (контролируемые предприятиями и государством) и внешние (обусловленные рыночными и геополитическими условиями) [234].

В таблице 1.3.1 систематизированы ключевые факторы, оказывающие наибольшее влияние на обеспечение технологической локализации производства в данной отрасли.

Таблица 1.3.1 – Факторы, влияющие на эффективность обеспечения технологической локализации производства в машиностроении (обобщено автором)

Группа факторов	Наименование фактора	Характеристика влияния
Технологические	Уровень научно-технического развития	Определяет возможность создания конкурентоспособных аналогов
	Глубина локализации производства	Чем выше доля отечественных компонентов, тем устойчивее производство
	Качество и надежность продукции	Влияет на доверие потребителей и экспортный потенциал
Экономические	Доступность финансирования	Льготные кредиты и субсидии стимулируют развитие производств
	Себестоимость производства	Определяет ценовую конкурентоспособность на рынке
Производственные	Загрузка производственных мощностей	Эффективное использование имеющихся ресурсов снижает издержки
	Производительность труда	Зависит от уровня автоматизации
Кадровые	Наличие квалифицированных специалистов	Дефицит кадров тормозит внедрение новых технологий
Организационные	Кооперация между предприятиями	Создание кластеров усиливает производственную базу
	Государственная поддержка	Налоговые льготы и таможенные послабления стимулируют развитие
Геополитические	Санкционное давление	Ограничивает доступ к критическим технологиям и комплектующим
	Доступность альтернативных рынков сбыта	Расширение экспорта компенсирует ограничения на внутреннем рынке

Цепь поставок машиностроительного предприятия представляет собой сложную многоуровневую систему, включающую:

- сырьё и базовые материалы: металлопрокат, литьё, поковки, химические материалы;
- компоненты и узлы: подшипники, уплотнения, крепёж, электронные компоненты, гидравлика;
- системные модули и субсборки: редукторы, приводы, блоки управления, насосные секции;
- оригинальный производитель оборудования: сборочное предприятие (интегратор);
- дистрибуция и сервис: логистические центры, дилеры, сервисные партнёры.

В период 2019–2024 гг. в машиностроительном комплексе России наблюдались следующие тенденции изменения технической эффективности цепей поставок:

- рост длины и усложнение конфигурации цепей поставок вследствие ухода зарубежных поставщиков – предприятия вынуждены заменять прямые контракты с оригинальными производителями на многоступенчатые схемы через посредников, что увеличивает логистический цикл в среднем на 30–45% и повышает риски нарушения сроков;

- снижение надёжности поставок критических компонентов – по данным отраслевых опросов, доля несвоевременных поставок по импортозависимым позициям (подшипники прецизионные, системы управления, уплотнения высокого давления) выросла с 12% в 2020 г. до 38% в 2022 г., стабилизировавшись на уровне 25–28% к 2024 г.;

- рост уровня запасов и страховых резервов как реакция на нестабильность поставок – коэффициент оборачиваемости запасов на машиностроительных предприятиях снизился в среднем с 5,2 до 3,8 оборотов в год, что связывает оборотный капитал и снижает техническую эффективность цепи;

- фрагментация логистических коридоров и переориентация на альтернативные маршруты (Север-Юг, Восточный полигон), что привело к росту транспортной составляющей в себестоимости продукции на 15–25% в зависимости от товарной группы;

- рост доли отечественных поставщиков в структуре цепей поставок (с 42% в 2019 г. до 67% в 2024 г. по номенклатуре), однако техническая эффективность новых поставщиков (доля брака, соблюдение допусков, стабильность характеристик) в среднем на 20–30% ниже, чем у замещённых импортных аналогов, что требует дополнительных затрат на входной контроль и доработку.

Указанные тенденции создают противоречие: с одной стороны, локализация требует наращивания доли отечественных поставщиков, с другой – их недостаточная техническая эффективность снижает общую надёжность цепи поставок. Разрешение этого противоречия лежит в плоскости системного развития

поставщиков (программы повышения качества, технологический аудит, трансфер технологий), что должно стать приоритетом при реализации проектов технологической локализации.

Одним из индикаторов достижения технологического лидерства является повышение уровня локализации машиностроения. Приведем пример динамики доли локализованной продукции в промышленности и машиностроении (2019–2024 гг.) применительно к производству насосной и компрессорной техники в России (рисунок 1.3.1).

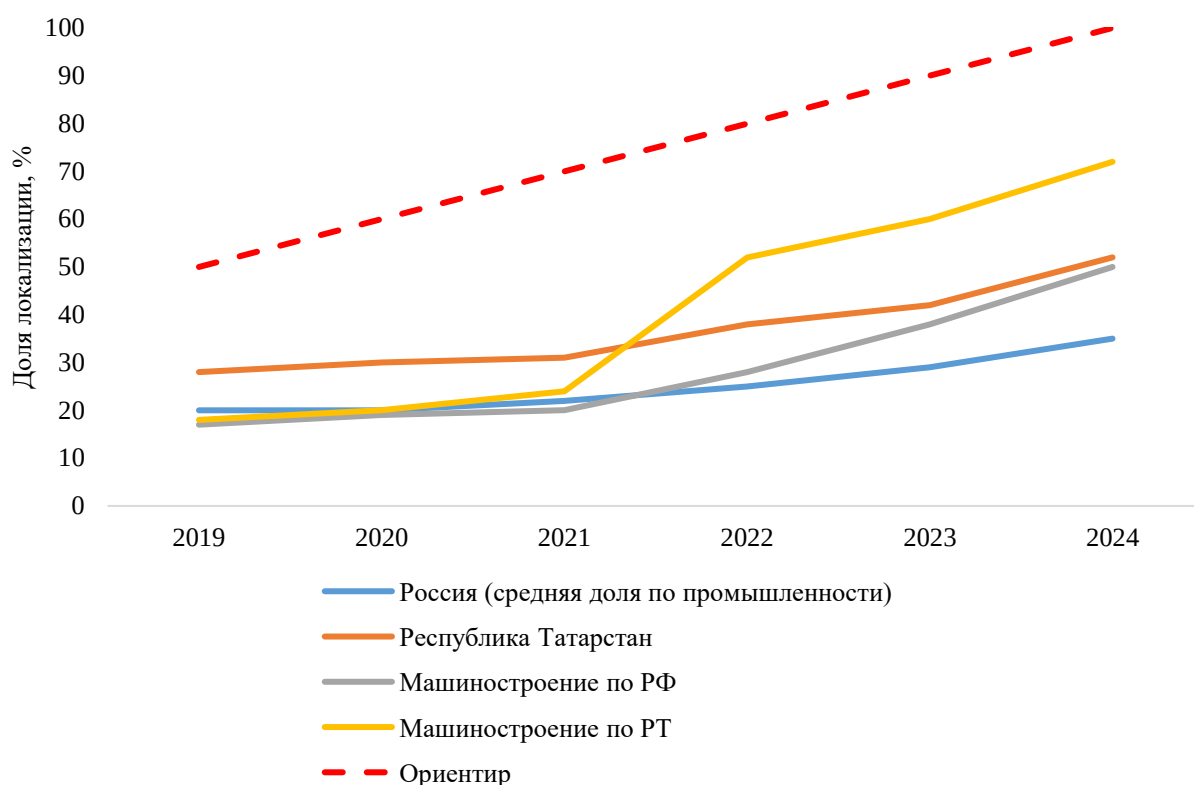


Рисунок 1.3.1 – Динамика доли локализованной продукции в промышленности и машиностроении (2019–2024 гг.), % (построено автором)

На представленном графике прослеживаются два характерных этапа развития доли локализованной продукции: умеренный рост в 2019–2021 гг. и резкое ускорение в 2021–2022 гг., за которым следует устойчивый тренд повышения доли локализации в 2023–2024 гг. Такая динамика отражает сочетание преднамеренных отраслевых мер по импортозамещению и внешних факторов

(геополитические и экономические ограничения), которые стимулируют перевод производственных цепочек на отечественные источники комплектующих и технологий.

Применительно к насосно-компрессорной отрасли изменение динамики можно разбить на следующие этапы:

1. Стартовый уровень (2019–2021): в данный период российское производство насосно-компрессорного оборудования было частично локализовано: производство корпусов, базовых узлов и некоторых стандартных комплектующих осуществлялось на местных предприятиях, тогда как критические компоненты (высокоточные рабочие колёса, уплотнения, специализированные спиральные корпуса, импортные подшипники, системы управления и электроника) поставлялись из-за рубежа. В этот период наблюдалась постепенная локализация отдельных элементов за счёт переноса простых технологических операций и субсборок.

2. Ускоренный рост (2021–2022): отмеченный на графике резкий скачок отражает окно ускоренной локализационной активности. Для насосно-компрессорной техники этот этап связан с несколькими факторами: активизацией программ государственного стимулирования локализации, переводом закупок крупными потребителями (энергетика, нефтегаз) на отечественных поставщиков, а также с необходимостью быстрой перестройки импорто-зависимых цепочек. На практике это выразилось в наращивании выпуска отечественных корпусов и механических узлов, начальных локализационных сериях уплотнений и систем управления, создании совместных производств и адаптации зарубежных технологий к локальным условиям.

3. Закрепление тренда (2023–2024): последующая стабильная положительная динамика указывает на системные изменения: развитие базы поставщиков, рост компетенций на производстве, запуск НИОКР и усиление регуляторных и сертификационных процедур, ориентированных на отечественные реше-

ния. В насосно-компрессорной сфере это привело к увеличению доли локализованных машин, расширению номенклатуры отечественных компонентов и формированию сервисной инфраструктуры.

В настоящее время наблюдается необходимость дальнейшего увеличения доли локализованной продукции, при этом рост доли локализации в отрасли — не самоцель; его необходимость обоснована следующими аргументами:

- обеспечение надёжности и предсказуемости цепочек поставок в стратегически важной области (энергетика, нефтегаз, водоснабжение);
- снижение валютных рисков и внешнеполитической уязвимости;
- развитие технологической базы и компетенций (создание добавленной стоимости на территории страны);
- создание рабочих мест и диверсификация экономики регионов производителей.

Для насосно-компрессорного оборудования целесообразно стремиться не только к локализации отдельных деталей, но к системной локализации — переходу от локализации простых узлов к локализации критических подсистем (высокое давление, газовые уплотнения, энергосберегающие рабочие колёса, отечественная система управления и диагностики).

Выделим стратегические приоритеты и желательный для отрасли вектор развития.

1. «Глубокая» локализация (системный подход). Приоритетом является переход от компонентной замены к локализации модулей и подсистем: подшипниковые узлы, уплотнения, гидравлические и аэродинамические части, блоки управления. Это требует проведения НИОКР по материалам, покрытиям, точным допускам и технологиям обработки.

2. Развитие межотраслевой кооперации. Осуществление интеграции с металлообработкой, литейным производством, электроники и программного обеспечения для создания комплексных отечественных решений.

3. Инвестиции в НИОКР и испытательную инфраструктуру. Это требует создания центров компетенций, лабораторий и полигонов для долговременных

испытаний насосно-компрессорной техники в реальных условиях эксплуатации.

4. Стандартизация и сертификация. Необходимо внедрение межотраслевых стандартов и «паспортов» изделий (PLM, STEP совместимость) для обеспечения совместимости и ускорения вывода локализованных решений на рынок.

5. Поддержка производителей MSP и развитие цепочек поставок SME. Должна отражаться в разработке программ поддержки и субсидирования для предприятий второй третьей ступени в цепи поставок, развитии кооперации с крупными машиностроительными заводами.

6. Цифровизация и предиктивная эксплуатация. Требуется внедрения цифровых двойников, систем мониторинга и предиктивного обслуживания для повышения надёжности и конкурентоспособности отечественной продукции.

В соответствии с вышеуказанными приоритетами сформируем целевые показатели для развития насосно-компрессорной отрасли:

1. Установить среднесрочную целевую задачу: обеспечить увеличение доли локализации ключевых компонентов насосно-компрессорного оборудования до 60–75 % по номенклатуре и 50–65 % по стоимости в течение 3–5 лет (в зависимости от класса оборудования и критичности компонентов).

2. Ввести KPI для отрасли: доля локализованных критических компонентов, число действующих отечественных поставщиков Tier 1/Tier 2 (Поставщик 1/ Поставщик 2), время внедрения локализованного аналога, индекс отказов/гарантийных случаев для локализованных изделий.

3. Реализовать пилотные проекты «сквозной локализации» для отдельных продуктовых линеек (например, центробежные насосы средней мощности, компрессорные агрегаты для газа), включающие полный цикл: проектирование, производство, тестирование и сервис.

При разработке программ развития отрасли необходимо учитывать риски и разрабатывать пути их минимизации:

– риск снижения качества при ускоренной локализации – его следует минимизировать через строгие процедуры контроля качества, сертификацию и использование цифровых двойников;

– риск удорожания продукции на старте – необходимо компенсировать господдержкой, экономией за счёт локальной логистики и постепенным снижением издержек масштаба;

– риск узкой специализации поставщиков – для его избегания предлагается стимулировать диверсификацию, стандартизацию и модульную архитектуру изделий.

Анализ динамики доли локализованной продукции показывает, что насосно-компрессорная отрасль России прошла фазу инерционного развития и вошла в фазу активного наращивания локализационных мощностей. Для устойчивого развития отрасли необходим системный и поэтапный вектор: от быстрой замены импортных деталей к формированию отечественных подсистем и технологических компетенций, поддерживаемых НИОКР, стандартизацией и развитой экосистемой поставщиков. Такое направление позволит не только повысить надёжность и автономность ключевых промышленных секторов, но и создать долгосрочное конкурентное преимущество российских производителей насосно-компрессорной техники.

Принимая во внимание обозначенные тренды и ориентируясь на лидера технологического развития – Китай, который является глобальным производственным хабом, можно констатировать, что темы роста локализации отечественного машиностроения для достижения технологического лидерства являются недостаточными и должны быть существенно выше, с ускоренной динамикой от 50–100% по уровню локализации, что на графике отмечено пунктирной красной линией (рисунок 1.3.1).

Учет показателей качества и эффективности промышленности в формах статистической отчетности имеет разные базовые периоды, поэтому не все показатели имеют одинаковую величину динамического ряда.

Наиболее показательным индикатором качества управления промышленным комплексом на макроуровне является доля высокотехнологичной и наукоемкой продукции в формировании валовой добавленной стоимости. Значение данного показателя демонстрирует поступательную положительную динамику с увеличения значения в 19,6% в 2011 г. до максимального уровня в 2020 г. – 25,0%, затем фиксируется незначительное снижение в 2021 г. до 22,9% и с последующим увеличением до 23,3% в 2024 г. В среднем за 2011–2024 гг. доля высокотехнологичной и наукоемкой продукции в формировании валовой добавленной стоимости составляла 21,9% (рисунок 1.3.2).

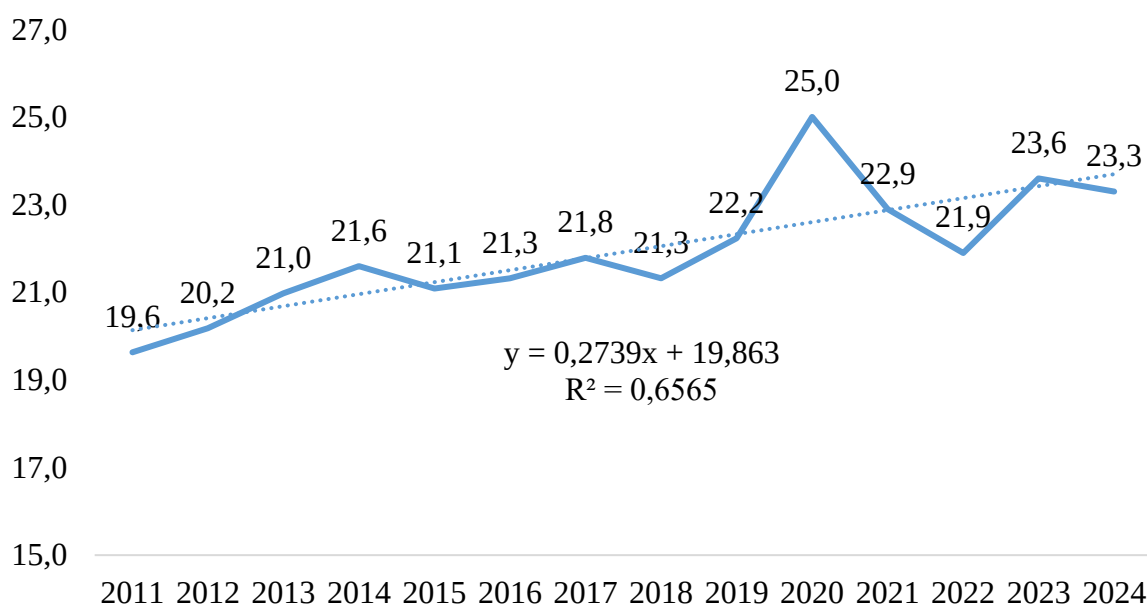


Рисунок 1.3.2 – Динамика доли высокотехнологичной и наукоемкой продукции в формировании валовой добавленной стоимости (в процентах)
(построено автором)

Анализ тенденций развития машиностроительной отрасли целесообразно инициировать с оценки динамики показателей индекса промышленного производства. Так, анализ показал, что динамика индекса промышленного производства (ИПП) в машиностроительном секторе не имела однозначной тенденции. Наблюдались как глубокие спады производства – 2013–2015 гг. (96,6%–95,3%%), 2018–2019 гг. (999,4%–97,6%, так и рост производства в 2021 г. до

117,1%, однако в 2024 г. снова фиксируется снижение до 98,4%. В 2022 г. ИПП по машиностроительной отрасли составил 101,9%. В среднем за 2010–2024 гг. ИПП по машиностроительной отрасли имел положительную величину и составлял 103,8% (рисунок 1.3.3).

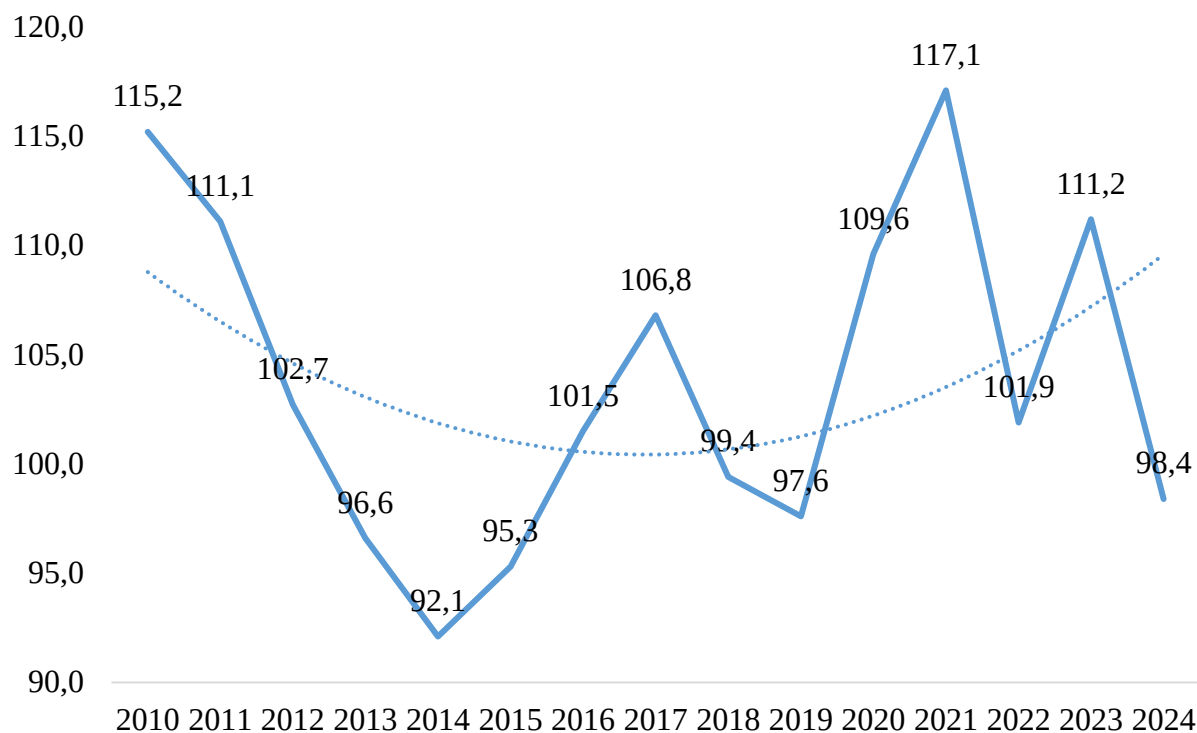


Рисунок 1.3.3 – Динамика индекса промышленного производства в машиностроительной отрасли (в процентах) (построено автором)

Одним из показателей качества управления промышленным комплексом является ввод в действие основных фондов в расчете на 1 рубль инвестиций в основной капитал. Данный показатель не имеет устойчивой динамики и периоды роста показателя – например, в 2011 г., 2013-2014 гг., 2016 г. и 2019 г. чередовались с периодами спада, минимальное значение которого фиксировалось в 2015 г. – 66,6%. В 2024 г. соотношение ввода в действие основных фондов к инвестициям в основной капитал достигло 84,3%. В среднем за 2010–2024 гг. ввод в действие основных фондов по обрабатывающей промышленности составлял 76,6% на 1 рубль инвестиций (рисунок 1.3.4).

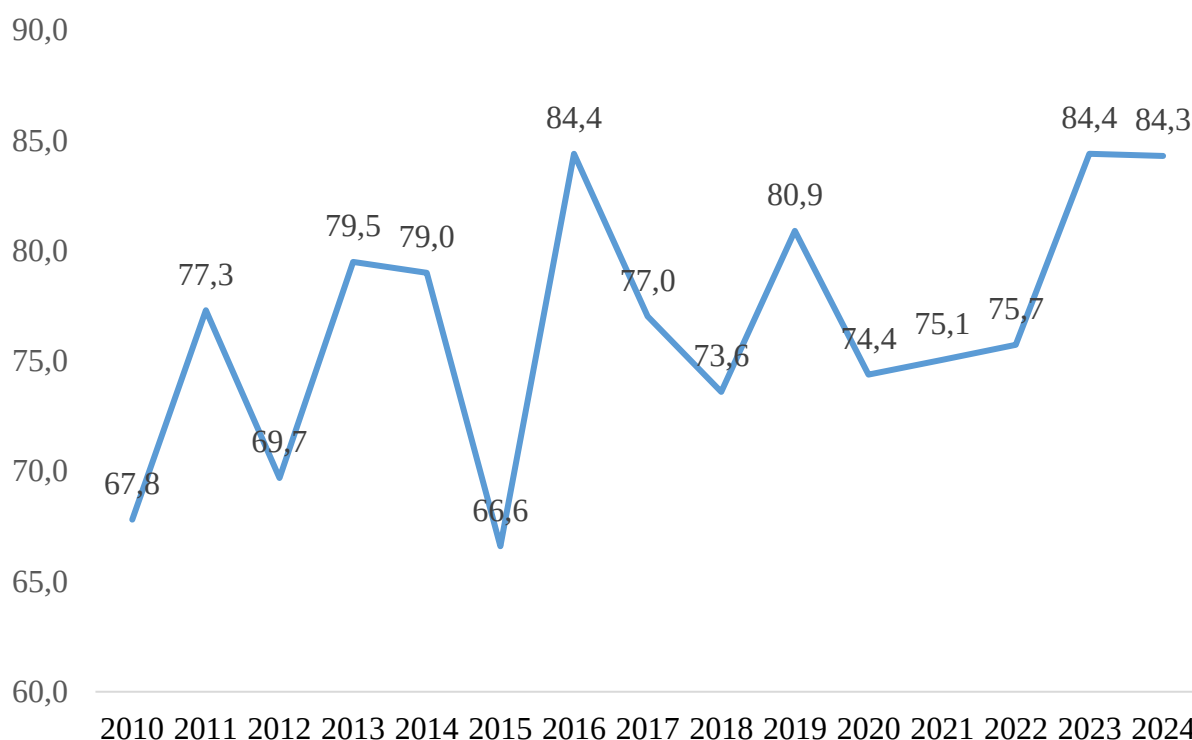


Рисунок 1.3.4 – Динамика ввода в действие основных фондов в расчете на 1 рубль инвестиций в основной капитал (в процентах) (построено автором)

В условиях перехода к новому технологическому укладу необходимость перестройки производства под новые производственно-технологические условия отраслевого, национального и международного масштаба ставит в необходимость инвестирование в развитие производства, модернизацию оборудования. На предприятиях машиностроительной отрасли доля инвестиций, направленных на реконструкцию и развитие с максимального значения в 2011 г. – 34,3% от общего объема инвестиций, направленных в основной капитал, сократилась до минимального уровня в 2019 г. – 10,5%, затем выросла до 14,7% в 2022 г., в 2024 г. снова фиксируется снижение до 11%. В среднем за 2010–2024г. значение показателя составляло 17% (рисунок 1.3.5).

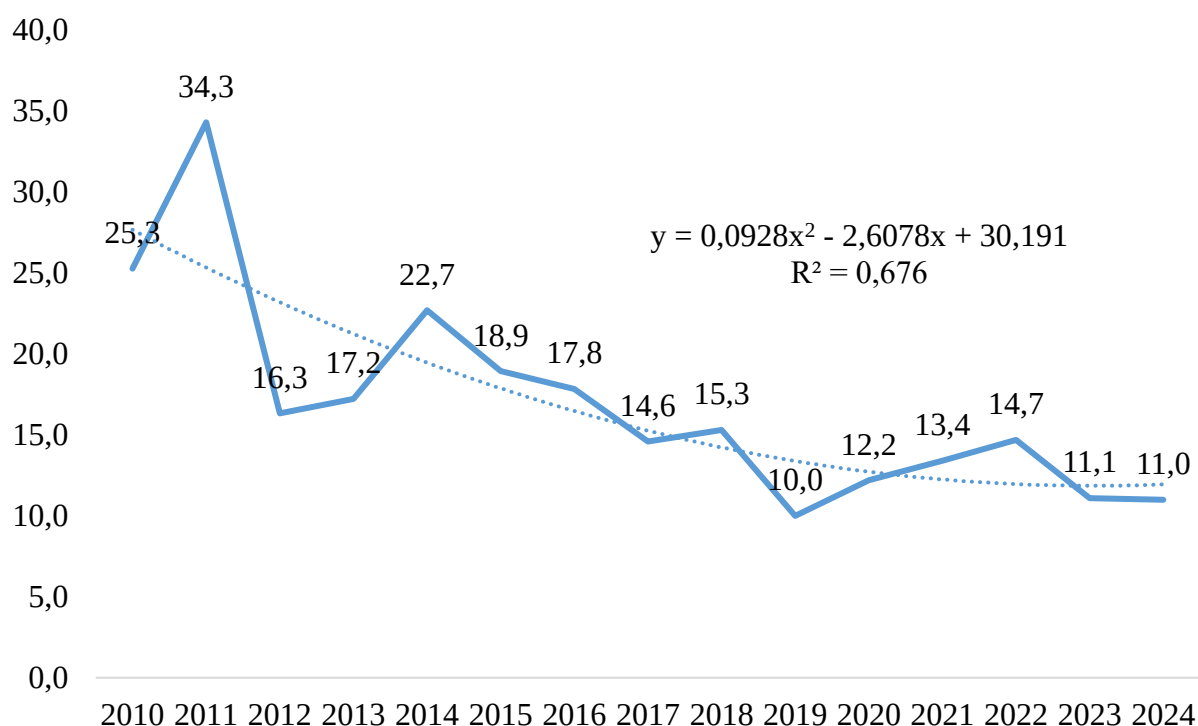


Рисунок 1.3.5 – Динамика доли инвестиций, направленных на реконструкцию и развитие на предприятиях машиностроительной отрасли (в процентах)
(построено автором)

С показателем инвестирования в развитие и модернизацию производства связан индикатор обновления основных фондов, который имел нисходящий тренд. Так, в период 2010-2014 гг. значение показателя выросло с 5,9% в 2010 г. до максимального уровня в 2014 г. – 6,9%, затем в 2016 г. фиксировался первый минимум – 5,2% с последующим ростом до 6% в 2019 г. и далее сокращение до 5,1% в 2022 г., затем он увеличился до 5,6% к 2024 г. С 2019 г. коэффициент обновления основных фондов в обрабатывающем секторе устойчиво сокращается. В 2010–2024 гг. среднее значение коэффициента обновления основных фондов составляло 5,9% (рисунок 1.3.6).

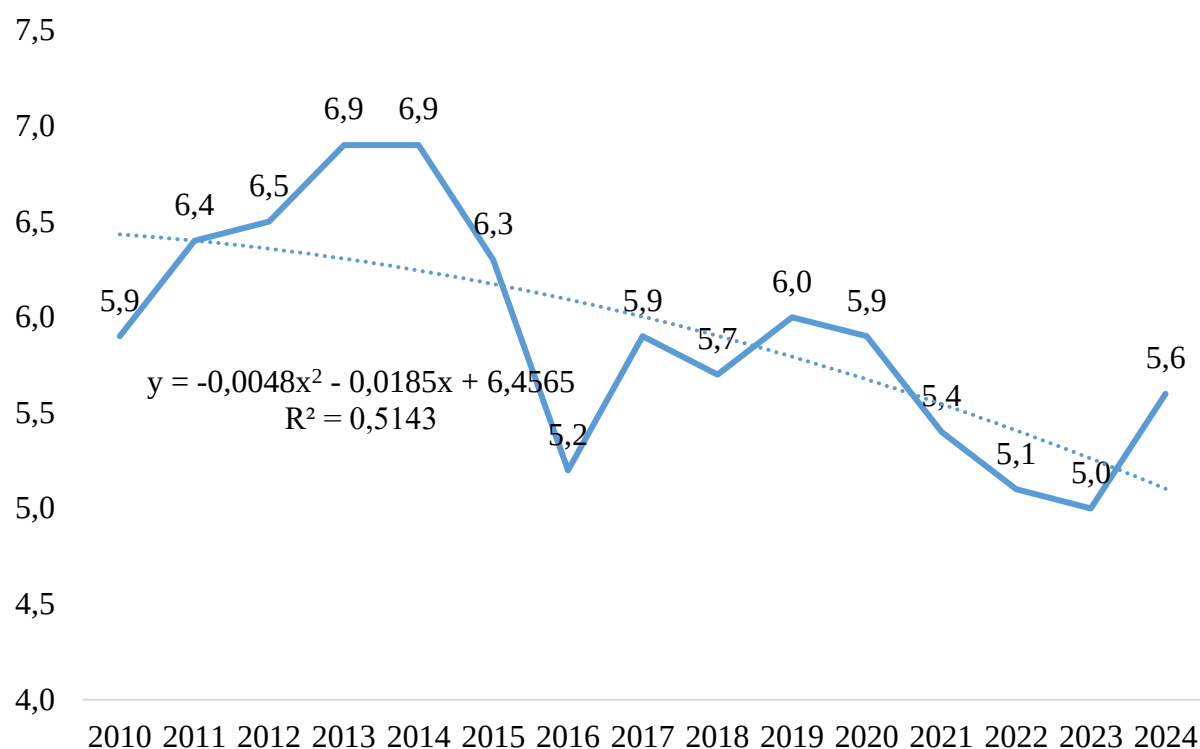


Рисунок 1.3.6 – Динамика коэффициента обновления основных фондов в обрабатывающем секторе (в процентах) (построено автором)

Анализ уровня использования среднегодовой производственной мощности на предприятиях машиностроительной отрасли показал, что наибольшая загрузка производственных мощностей в среднем за 2017–2023 гг. была на предприятиях по выпуску легковых автомобилей – 45%, холодильников – 50%, грузового автотранспорта – 47%; наименьшая – кузнечно-прессовых машин – 14%, турбин – 15% и подшипников – 24% (таблица 1.3.2).

Таблица 1.3.2 – Динамика использования среднегодовой производственной мощности на предприятиях машиностроительной отрасли (в процентах) (составлено автором)

Вид продукции	2018	2019	2020	2021	2022	2023	В среднем за период
Турбины на водяном паре и прочие паровые турбины	18	19	23	17	13	7,6	15
Турбины газовые, кроме двигателей турбореактивных и турбовинтовых	19	21	21	26	32	34	26
Подшипники шариковые или роликовые	24	22	18	22	27	30	24
Краны мостовые электрические	29	25	20	22	24	43	25
Тракторы для сельского хозяйства прочие	15	19	32	27	23	58	29
Станки металлорежущие	27	26	27	26	25	37	26
Машины кузнечно-прессовые	13	11	7	12	21	17	14
Экскаваторы	22	20	27	38	53	15	25
Бульдозеры и бульдозеры с поворотным отвалом	22	26	33	41	51	35	32
Холодильники и морозильники бытовые	51	52	56	62	69	43	50
Электродвигатели переменного и постоянного тока универсальные мощностью более 37,5 Вт	26	28	28	32	37	14	26
Автомобили легковые	55	53	51	60	71	27	45
Средства автотранспортные грузовые	44	43	45	35	27	50	47
Автобусы	28	22	20	29	42	47	27

Индекс производительности труда на предприятиях обрабатывающей промышленности характеризовался высоким уровнем изменений. Так, в 2010-2012 г. отмечался рост показателя со 105,2% до максимального значения – 105,8%; затем снижение до минимального значения – 100,4% в 2016 г., затем

рост до 104,2% в 2020 г.; в 2022 г. снижение составило до 97,6% (вторая минимальная точка динамического ряда), в 2023 г. снова фиксировался рост до 104,5%, в 2024 г. значение показателя составило 101,1%. Однако следует указать, что за период 2010–2022 гг. индекс производительности труда предприятиях обрабатывающей промышленности превышал 100% (исключение составил 2022 г.) и составлял в среднем за период 103,1% (рисунок 1.3.7).

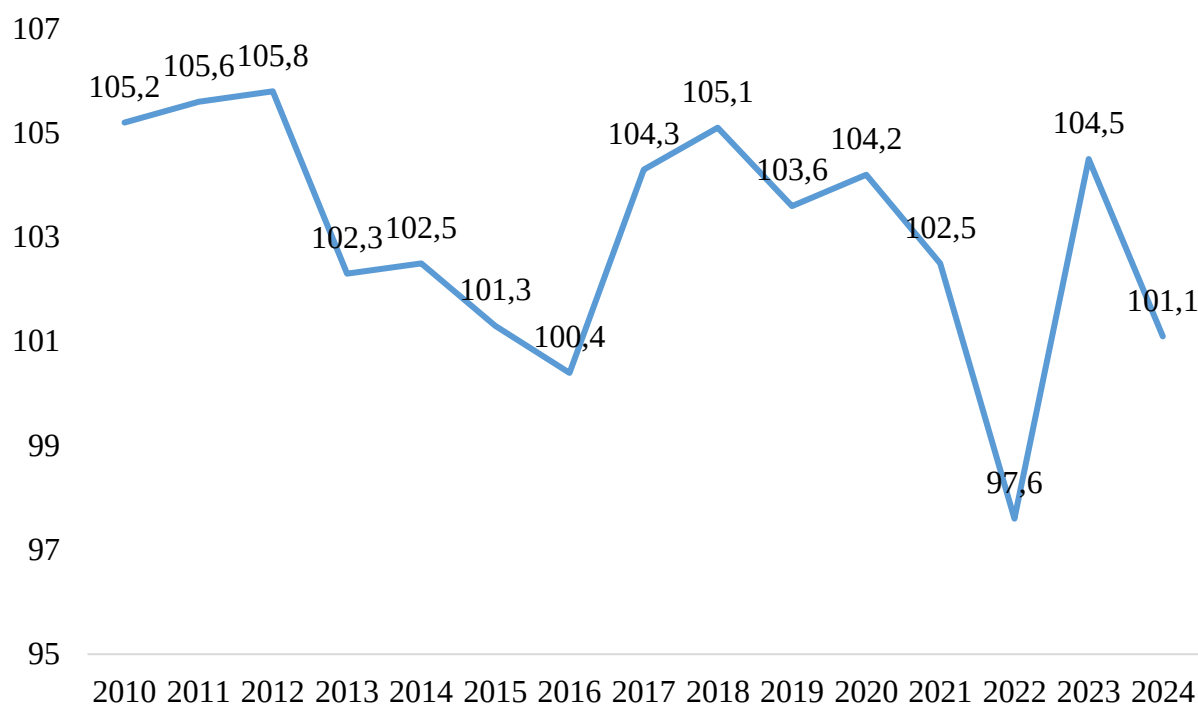


Рисунок 1.3.7 – Динамика индекса производительности труда на предприятиях обрабатывающей промышленности (в процентах) (построено автором)

Индекс изменения трудоемкости также не имел однозначной динамики. Он отражает индекс изменения фонда рабочего времени по отношению к индексу производства. В период 2014–2021 гг., а также 2023–2024 гг. он был ниже 100%, следовательно, индексы производства опережали прирост индекса фонда рабочего времени, что позволяет говорить об интенсификации процессов производства на предприятиях обрабатывающего сектора. В среднем за 2014–2024 гг. индекс изменения трудоемкости составлял 96,6% (рисунок 1.3.8).

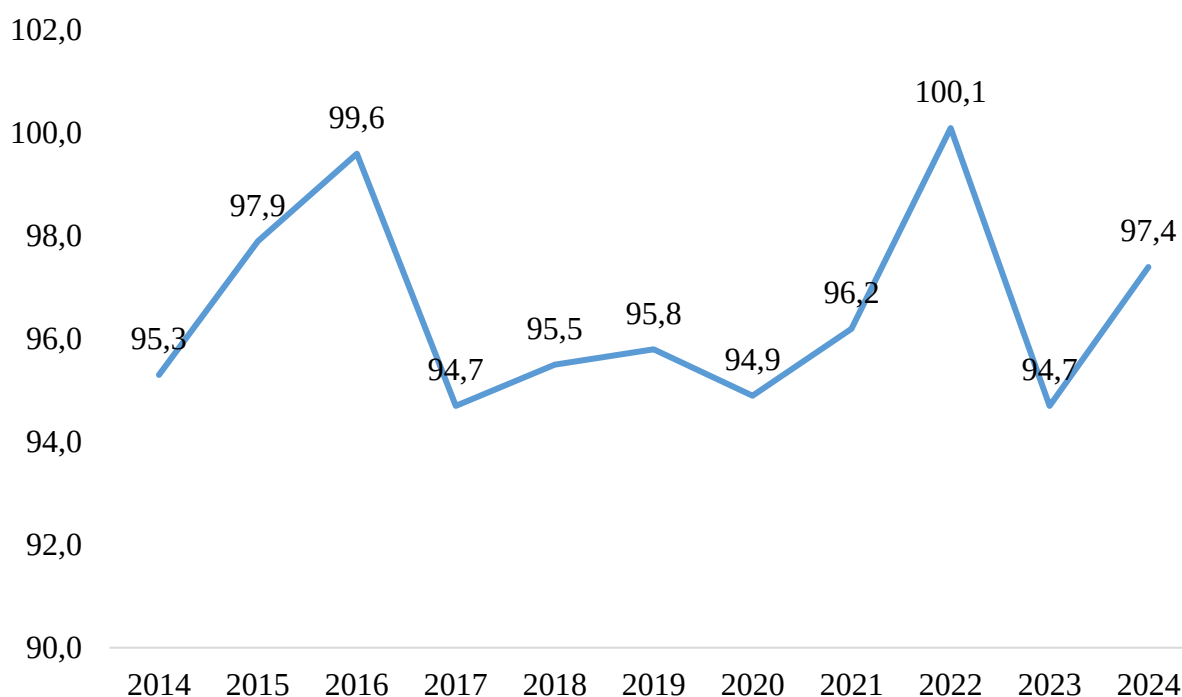


Рисунок 1.3.8 – Динамика индекса изменения трудоемкости (в процентах) (построено автором)

Начиная с 2015 г. неуклонно растет потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого на предприятиях обрабатывающей промышленности: значение показателя увеличилось с 20,1 тонн условного топлива (т.у.т.) до 22,4 т.у.т. в 2022 г. (прирост составил 11,4%). Следовательно, возрастает нагрузка на энергетическое обеспечение промышленного производства. В среднем за 2012–2024 гг. потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого на промышленных предприятиях обрабатывающих производств составляло 21,4 т.у.т. (рисунок 1.3.9).

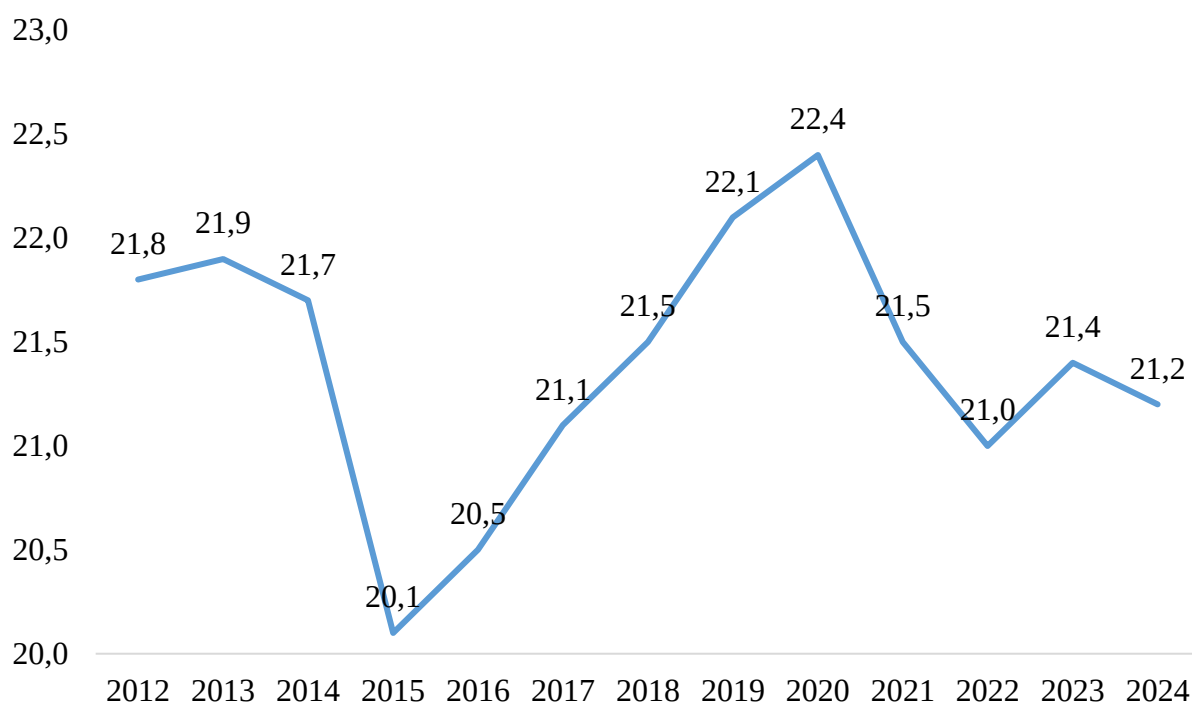


Рисунок 1.3.9 – Динамика потребления топливно-энергетических ресурсов на одного занятого (т.у.т.) (построено автором)

Достаточно стабильной остается динамика доли потребления электроэнергии на промышленных предприятиях обрабатывающих производств на технологические нужды, которая составляла в 2013 г. 41%, в 2022 г. незначительно увеличилась до 41,4%, в среднем за 2013–2024 гг. доля потребления электроэнергии в промышленности была на уровне 40,8%. Доля потребления электроэнергии на промышленных предприятиях обрабатывающих производств на двигательную силу также была стабильной, составив в 2013 г. 49,7%, в 2024 г. – 49,4%; в среднем за анализируемый период она была на уровне около 50%–49,7% (рисунок 1.3.10).

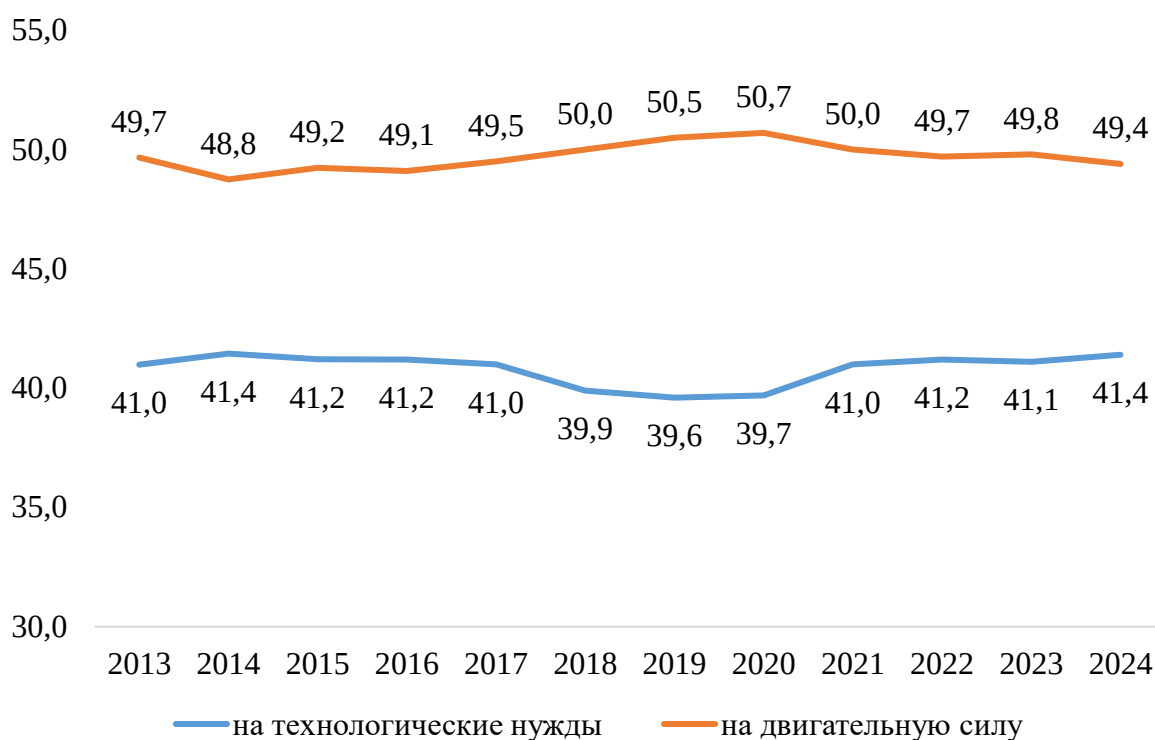


Рисунок 1.3.10 – Динамика доли потребления электроэнергии в обрабатывающей промышленности (в процентах) (построено автором)

Вместе с тем, ежегодно возрастает электровооруженность труда работников (потребление электроэнергии в расчете на 1 час рабочего времени) на предприятиях обрабатывающего сектора, которая в 2024 г. увеличилась относительно 2012 г. около трети – на 12% – с 52902 кВт×ч до 59294 кВт×ч, составив в среднем за анализируемый период 59175 кВт×ч (рисунок 1.3.11).

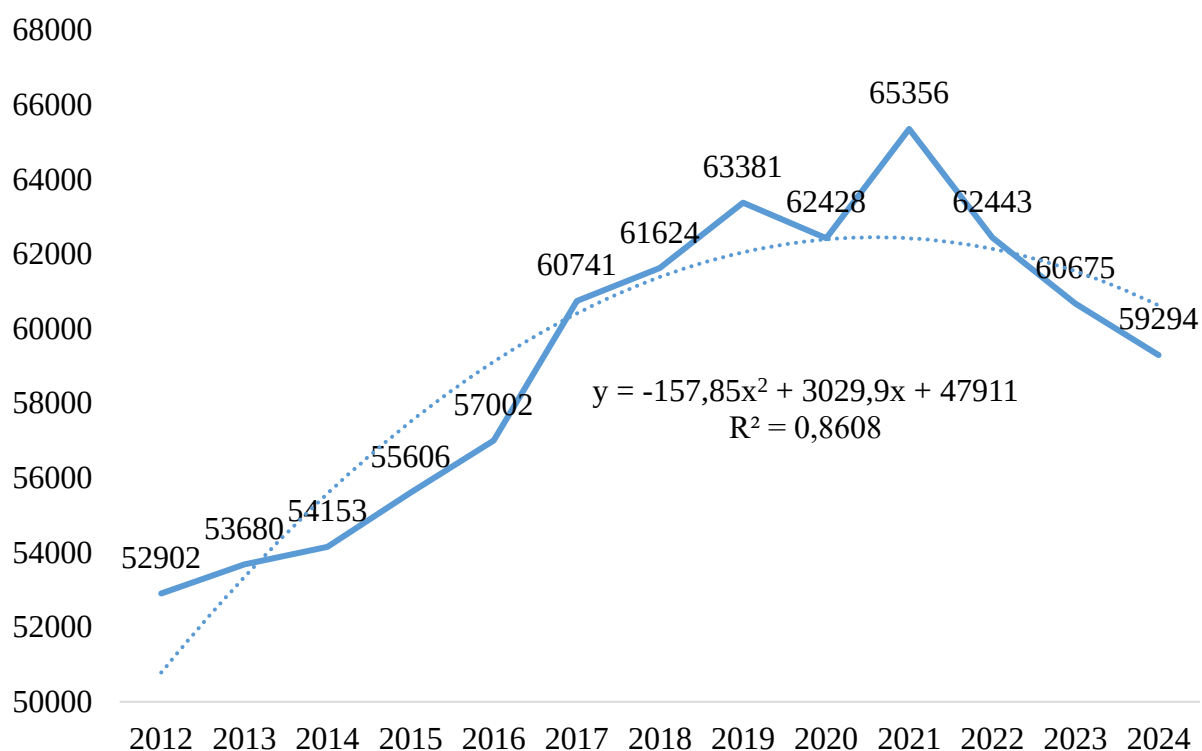


Рисунок 1.3.11 – Динамика электровооруженности труда работников на предприятиях обрабатывающего сектора (кВт×ч) (построено автором)

В условиях перехода к новому технологическому укладу важное значение имеет инновационная составляющая промышленного производства, характеризующая инновационный потенциал отрасли промышленности для ее развития с учетом требований новых технологических условий, требований к качеству процессов производства и выпускаемой продукции. В этой связи имеет смысл проанализировать динамику инновационной активности предприятий машиностроительной отрасли. При анализе показателя «удельный вес предприятий, осуществляющих технологические инновации» следует указать, что динамика показателей является несопоставимой, что вызвано переходом к новой редакции Руководства Осло по статистике инноваций в 2017 г. В этой связи показатель 2010–2016 гг. отличается от показателей 2017–2024 гг., пересчета органами статистики не производилось. Сравнительный анализ показал, что уровень инновационной активности на предприятиях машиностроительного комплекса был выше, чем в целом по обрабатывающей отрасли – в 2010–2016 гг. – 14,3%

против 11,8%; в 2017–2024 гг. – 52,9% и 28,2%, соответственно. Вызывает тревожность ежегодное сокращение удельного веса предприятий, осуществляющих технологические инновации, который сократился в целом по обрабатывающим производствам с 28,8% в 2017 г. до 27,7% в 2024 г.; по предприятиям машиностроительной отрасли – с 55% до 51,9%, соответственно (рисунок 1.3.12).

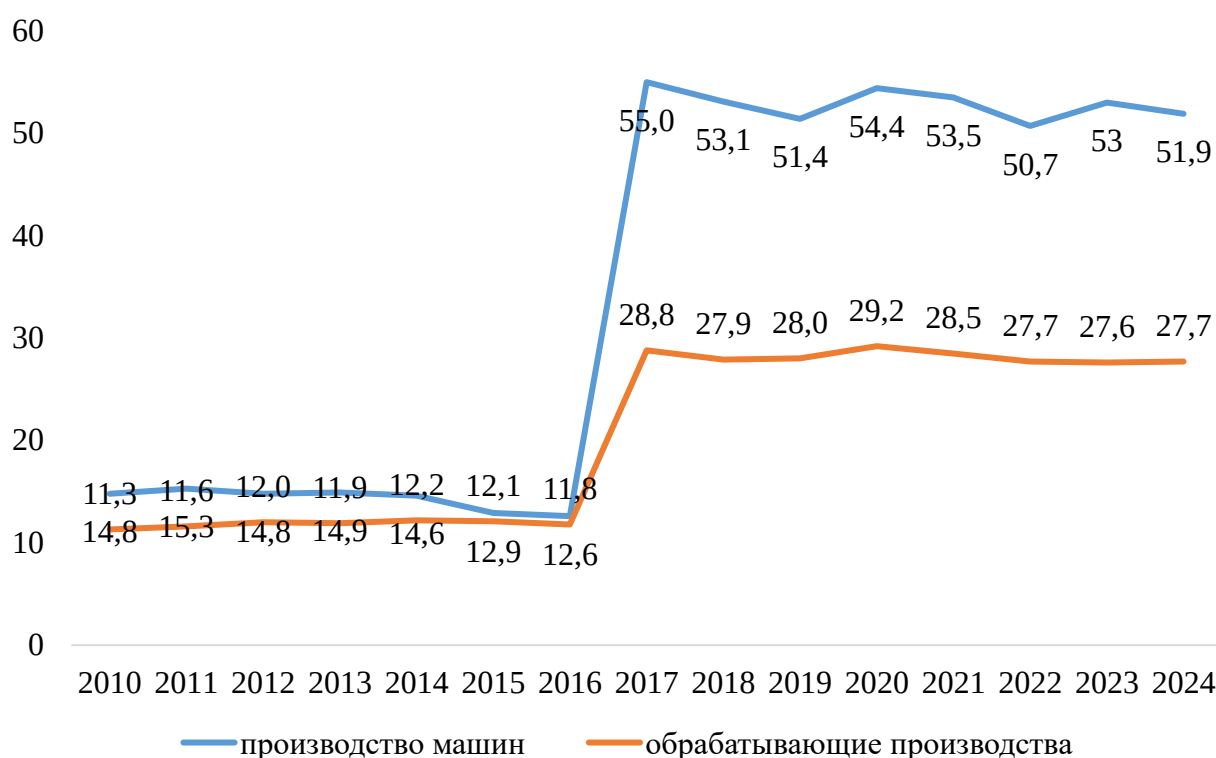


Рисунок 1.3.12 – Динамика доли предприятий, осуществляющих технологические инновации (в процентах) (построено автором)

Переход к новому технологическому укладу сопровождается повышением внимания к соблюдению требований экологических стандартов, внедрению показателей качества процессов производства и выпускаемой продукции с позиции экологического менеджмента. В этой связи видится актуальным проанализировать динамику и соотношение количества образованных и утилизированных отходов производства в машиностроительной отрасли. Так, максимальное количество образованных отходов производства фиксировалось в 2019г. – 1219,5 тыс. тонн, затем они сократились до 580,3 тыс. тонн в 2020 г. и

вновь возросли к 2024 г. до 973 тыс. тонн. Количество утилизированных отходов производства максимальным было в 2018 г. – 589,3 тыс. тонн, сократившись до 58,7 тыс. тонн в 2022 г. При этом следует указать, что ежегодно увеличивается соотношение между количеством образованных отходов производства в машиностроительной отрасли и количеством утилизированных. Данное соотношение увеличилось с 5,3 раза в 2016 г. до 12,1 раза в 2024 г. (рисунок 1.3.13).

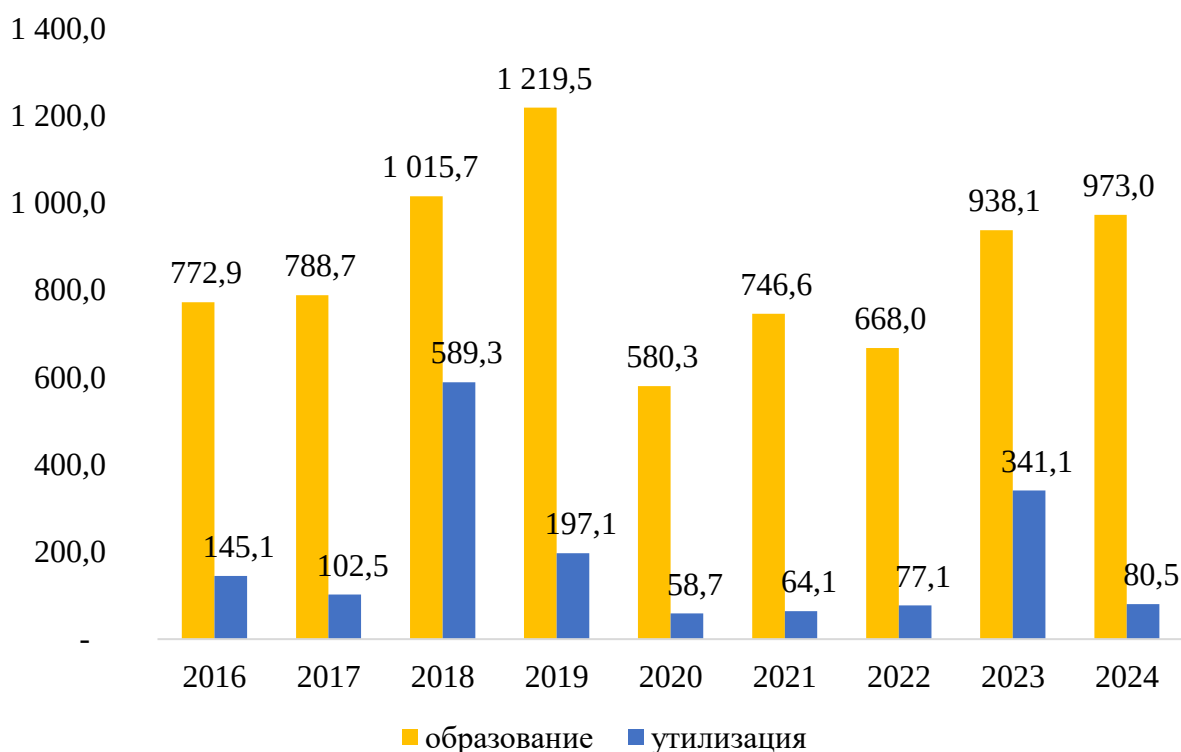


Рисунок 1.3.13 – Динамика количества образованных и утилизированных отходов производства на предприятиях машиностроительной отрасли (тыс. тонн) (построено автором)

Проведённый анализ динамики доли локализованной и инновационной активности позволяет утверждать, что процессы импортозамещения в машиностроении сопровождаются глубинной трансформацией конфигурации цепей поставок. Если до 2020 г. цепи поставок машиностроительной продукции характеризовались высокой долей прямых контрактов с зарубежными оригинальными производителями и системными поставщиками, то к 2024 г. сложилась новая конфигурация, включающая: замещение отсутствующих зарубежных

звеньев цепочками из 2–3 отечественных поставщиков с меньшей технологической культурой; появление «серых» и параллельных схем импорта для критических компонентов; развитие внутриотраслевой кооперации между машиностроительными предприятиями по принципу «производственных кластеров».

Изменение технической эффективности цепей поставок в новой конфигурации характеризуется следующими количественными сдвигами:

- рост вариативности сроков поставки (коэффициент вариации вырос с 0,15 до 0,42);
- снижение показателя надежности с 94% до 76% в среднем по отрасли;
- увеличение доли возвратов и несоответствий по входному контролю с 3,2% до 8,7%;
- рост запаса незавершённого производства на 35–50% как компенсаторный механизм.

Эти изменения формируют объективные предпосылки для реализации проектов технологической локализации: именно низкая предсказуемость и эффективность импортозависимых звеньев цепей поставок стимулирует предприятия к углублению собственной компонентной базы. Локализация в этих условиях выступает не столько стратегической целью, сколько инструментом управления технической эффективностью цепи поставок — способом снизить неопределённость и риски, связанные с внешними звеньями.

Таким образом, по результатам анализа динамики показателей качества управления производством на промышленных предприятиях в условиях перехода к новому технологическому укладу, можно резюмировать следующие выводы:

1. Отмечается устойчивый тренд на рост высокотехнологичной и наукоемкой продукции в формировании валовой добавленной стоимости.
2. Отсутствует однозначная поступательная тенденция по росту объемов производства машиностроительной продукции, инвестиционной и инновационной активности промышленных предприятий, что сопровождается снижением

доли инвестиций, направленных на реконструкцию и развитие, а также обновлением основных фондов на предприятиях машиностроительной отрасли.

3. Индекс производительности труда, несмотря на колебания, имеет положительную величину и позволяет заключить об экстенсивном росте производства.

4. Ежегодно увеличивается электропотребление на предприятиях промышленного комплекса, растет энергетическая нагрузка, увеличивается количество образованных отходов производства, которое сопровождается также увеличением разрыва между количеством образованных и утилизированных отходов производства.

5. Цепи поставок машиностроительного комплекса претерпели существенную трансформацию: увеличилась их длина и сложность, снизились показатели надёжности и точности соблюдения сроков, вырос уровень запасов и доля несоответствий при входном контроле. Указанные тенденции создают объективные предпосылки для углубления технологической локализации как инструмента повышения управляемости и технической эффективности цепей поставок.

Машиностроительный комплекс и обрабатывающая промышленность в целом при переходе к новому технологическому укладу должны решить обозначенный круг проблемных вопросов прежде всего за счет мобилизации сильных сторон своего внутреннего потенциала – производительности труда, кадровой составляющей производства, наукоемкости и технологичности производства. Таким образом, успешная реализация проектов обеспечения технологической локализации производства в машиностроении возможна только при комплексном учете всех перечисленных факторов. Снижение зависимости от импорта технологий и комплектующих, а также стимулирование внутреннего спроса на отечественную продукцию позволят обеспечить устойчивый рост отрасли в долгосрочной перспективе.

1.4 Цифровые инструменты обеспечения инновационной системы менеджмента качества на предприятиях машиностроительной промышленности

Задача обеспечения технологического суверенитета носит масштабный характер и охватывает все подсистемы машиностроительного производства: снабжения производственных процессов (источники сырья, материалов, запчастей, комплектующих), основных фондов, IT-поддержки (переход к отечественному программному обеспечению). Последняя становится неотъемлемым элементом выстраиваемой конкурентоспособной и эффективной системы менеджмента.

Если предприятие реализует проект обеспечения технологической локализации производства, сопряженный с инновационной деятельностью (выпуск инновационной качественно новой продукции, внедрение процессных инноваций), то имеет место инновационная система менеджмента качества. В условиях формирования цифровых производственных систем инновационная СМК функционирует на базе цифровизации процессов и операций, которая стимулирует инновации и способствует заметному повышению эффективности предприятия [92]. На рисунке 1.4.1 отражена схема цифровой платформы, на основе которой возможно проектирование эффективной инновационной СМК.

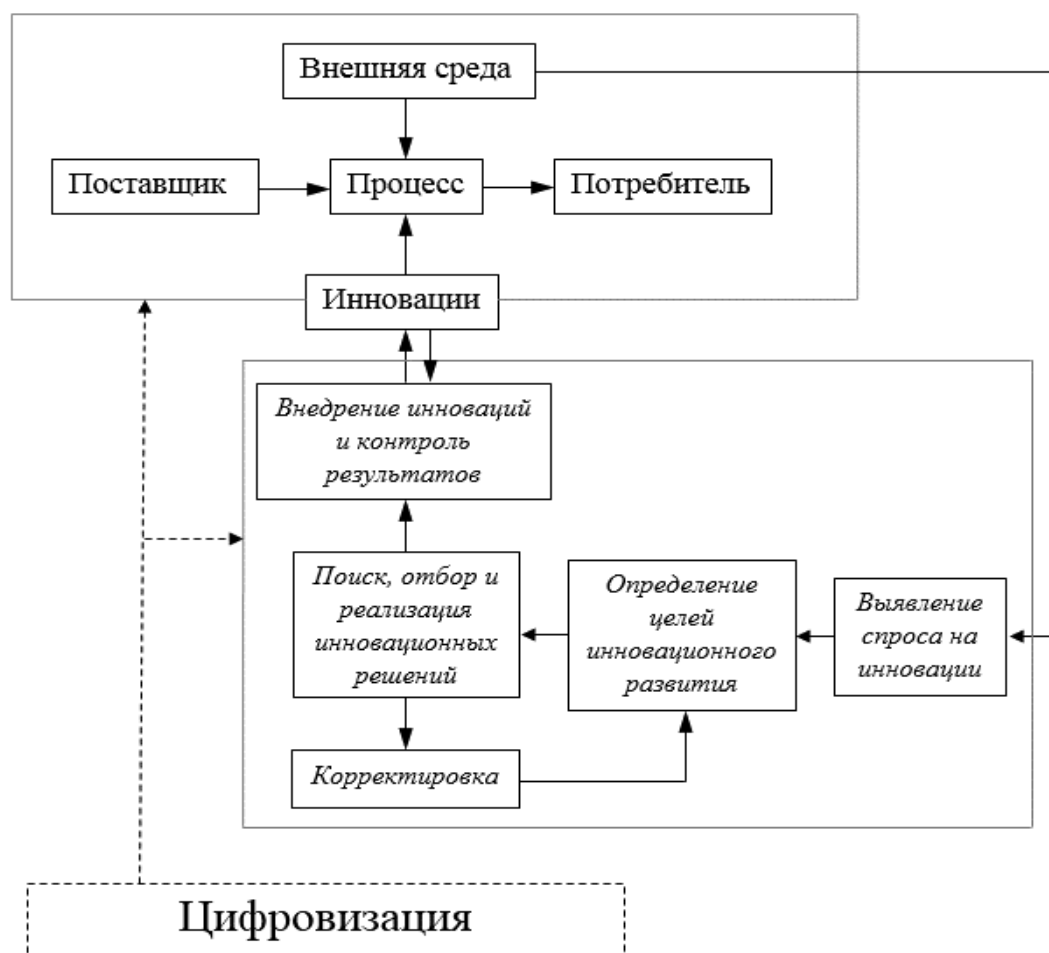


Рисунок 1.4.1 – Схема цифровизации инновационной системы менеджмента качества [92]

Эффективность цифровых производственных систем осложняется наличием вероятности аварийных случаев. Важной проблемой является выявление факторов возникновения аварий и их предупреждения, обеспечения безопасности предприятия (экологической, промышленной) [92, 162]. Для оценки вероятности наступления аварийных ситуаций пригодны статистические методы (диаграмма разброса, корреляционно-регрессионный, дисперсионный анализ, теория массового обслуживания, функционально-стоимостный анализ, нейронные сети и др.) и инструменты (SPSS, Statistica, Loginom и др.) [100]. Включение инструментария статистического анализа в программные решения поддержки

системы менеджмента качества может способствовать повышению эффективности функционирования отдела технического контроля за счет обработки большого массива оперативных данных.

Системообразующим элементом современной концепции менеджмента качества является инструментарий риск-менеджмента. Российские реалии таковы, что внешние риски перманентно возрастают, производственные предприятия вынуждены ради устойчивой конкурентоспособной позиции не только выпускать качественный продукт, но и адаптироваться к новым условиям хозяйствования на фоне реализации политики импортозамещения [108]. Порядок идентификации, анализа, оценивания, измерения риска отражены в ГОСТ Р ИСО 31000–2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [75], Стандартах управления рисками Федерации европейских ассоциаций риск-менеджеров [216].

Система управления рисками на предприятии должна учитывать возможность количественной оценки интегрального показателя риска. Расчет показателя опирается на значения коэффициентов вероятности (K_v) и негативных последствий (K_t), произведение которых обеспечивает определение коэффициента значимости риска (K_z). Для этого требуется выполнение ряда этапов [108,110]:

- 1) выявление рисков;
- 2) анализ, оценка значимости рисков и выявление причин;
- 3) разработка мероприятий;
- 4) мониторинг рисков.

Как следствие, программная поддержка системы менеджмента качества должна охватывать такие функции, как управление рисками, мониторинг и прогнозирование аварийности и несчастных случаев, несоответствий и дефектов. В связи с этим важным становится поиск программного обеспечения, позволяющего автоматизировать ведение процессов разработки, перевод в цифровую оболочку, изменения нормативной документации в области системы менеджмента качества.

Проблема программной поддержки системы менеджмента качества рассмотрена в трех аспектах: 1) инструменты управления бизнес-процессами и документами, 2) наличие модуля системы менеджмента качества в автоматизированных системах управления предприятием, 3) наличие программного модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства в модуле системы менеджмента качества.

1) *Программное обеспечение по управлению бизнес-процессами и документами.* Система менеджмента качества рассматривается в качестве процесса, который требует регламентации, привлечения ресурсов (входы), определения ответственных лиц, системы показателей и т.д. Автоматизация данного процесса позволяет оптимизировать ресурсообеспечение, организацию управления операциями, соответствие результатов процессов установленным требованиям. В контексте процессного подхода среди распространенных инструментов следует отметить программные продукты:

- Aris (Германия, компания Software AG);
- ELMA, включая модули ELMA BPM, ELMA ECM+, ELMA Проекты (Россия, ООО «ЭЛМА»), реестровая запись № 1831 от 23.09.2016 в Реестре российского программного обеспечения;
- Naumen Service Management Platform, включая Naumen BPM (Россия, Группа компаний NAUMEN), реестровая запись № 5263 от 26.02.2019;
- модуль «Управление деловыми процессами» программного продукта «Парус-Предприятие 8» (Россия, Корпорация «Парус»), реестровая запись № 2948 от 14.03.2017;
- Directum RX (Россия, ООО «ДИРЕКТУМ»), реестровая запись № 4499 от 16.04.2018;
- Business Studio (Россия, Группа компаний «Современные технологии управления»), реестровая запись № 455 от 18.04.2016 и др.

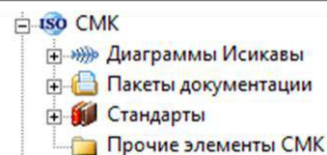
Возможности программ данного класса позволяют описывать процессы и процедуры, связанные с разработкой, внедрением и поддержанием актуальности документации в области управления качеством (требование, закрепленное

в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [81]). Ведение документооборота в сфере управления качеством отличается трудоёмкостью и инфоёмкостью, требует регулярного обновления в соответствии с изменениями и дополнениями в области стандартизации, привлечения специалистов из разных структурных подразделений предприятия на основе совместной работы по процессам [188].

2) Наличие модуля СМК.

Среди перечисленных выше программных решений широкий функционал предлагает Business Studio: проектирование системы управления, включая организационную структуру организации и создание стратегической карты предприятия; разработка сбалансированной системы показателей; имитационное моделирование; разработка системы менеджмента качества. Последний упомянутый модуль включает 4 подфункции и обеспечивает автоматизацию ряда трудоёмких этапов ведения системы менеджмента качества (рисунок 1.4.2).

Business Studio: разработка системы менеджмента качества (СМК)



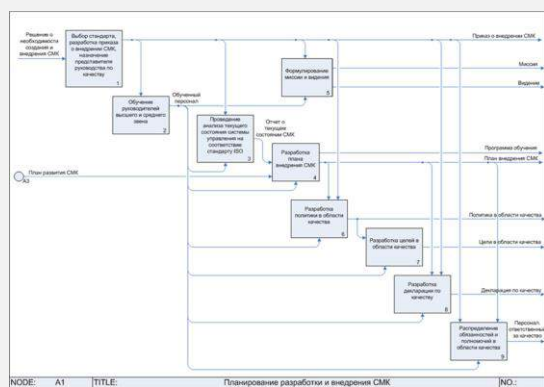
Подфункции:

- 1) планирование разработки и внедрения;
- 2) разработка;
- 3) внедрение;
- 4) подготовка к сертификации и сертификация

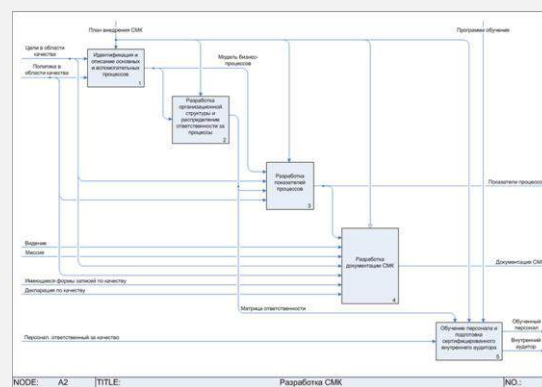
Этапы:

- разработка целей в области качества;
- описание процессов;
- разработка показателей процессов;
- разработка документации СМК;
- ознакомление персонала с документацией;
- поддержание документации СМК в актуальном состоянии и др.

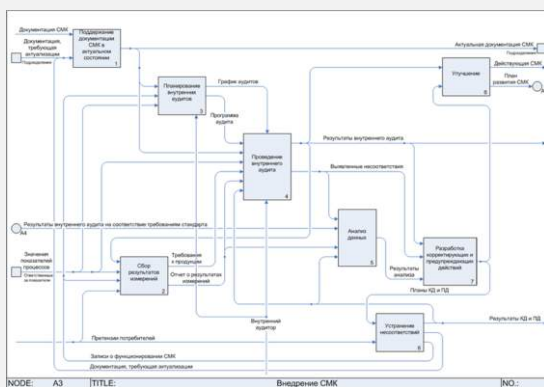
Подфункция 1



Подфункция 2



Подфункция 3



Подфункция 4

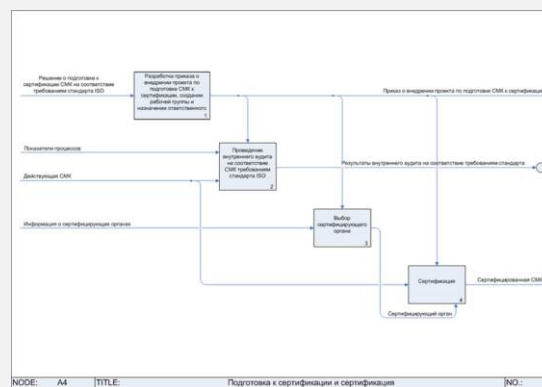


Рисунок 1.4.2 – Содержание модуля «Разработка системы менеджмента качества» в Business Studio (построено по [200])

Процессы, предусмотренные регламентом, представлены в нотации IDEF₀, преимущества которой сводятся к возможности отразить входы, выходы, управление и механизмы на каждом этапе той или иной подфункции. На этапе разработки целей в области качества имеется возможность отразить цели на стратегической карте организации (например, повышение качества продукции). Также процессы в области менеджмента качества могут быть отражены в нотациях BPMN, EPC, Процедура и др.

Business Studio обеспечивает ввод данных о документации системы менеджмента качества, включая такие параметры, как версия документа, область распространения, статус, дата введения в действие, приказ, ответственный за хранение, разработчик и др. Обнаруженные несоответствия вносятся в виде сообщений о несоответствии с указанием данного несоответствия, места обнаружения и источника информации [200].

Модуль по управлению качеством выделен также в программном комплексе TRIM (реестровая запись № 1235 от 05.09.2016 в Реестре российского программного обеспечения). Особенностью системного решения «TRIM-Quality management system» (TRIM-QMS) (рисунок 1.4.3) является дополнение требований ИСО 9000 положениями экологического менеджмента ИСО 14000. Модулями программного решения являются «Управление качеством» (TRIM-QM), «Документооборот» (TRIM-DOC), «Каталог» (TRIM-C), «Персонал» (TRIM-P), «Администратор» (TRIM-A).

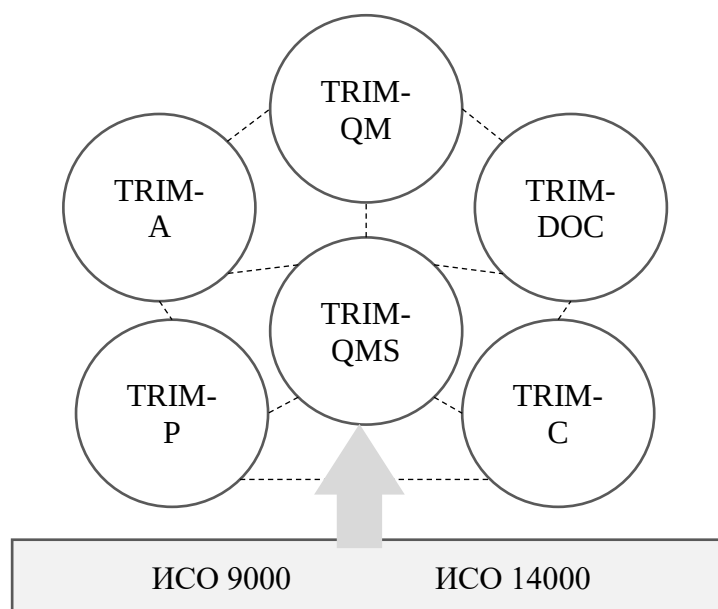


Рисунок 1.4.3 – Функциональные модули TRIM-QMS (построено по [212])

К возможностям модуля TRIM-QM относятся [212]:

- построение дерева процессов и работ по управлению качеством, закрепление ответственных лиц, сроков и ресурсов, что в совокупности позволяет формировать общую картину задач и загруженности персонала;
- автоматизированное уведомление пользователей о вносимых изменениях в систему менеджмента качества;
- формирование отчетности о выполненных работах («Журнал выполненных работ»);
- анализ результативности процессов в рамках СМК на основе ключевых показателей эффективности («Журнал параметров»);
- фиксирование отклонений и управление корректирующими и предупреждающими действиями («Журнал протоколов несоответствий») и др.

Альтернативным и более универсальным вариантом автоматизации процессов менеджмента качества в организации, оценки их эффективности является решение TRIM-Q2M (TRIM – Quick quality management), коробочного типа и не требующее доработки. От пользователя требуется лишь внесение собственных корпоративных данных и документации. Модульными элементами программы являются TRIM-QM, TRIM-DOC, TRIM-C, TRIM-A [212].

Наряду с представленными выше программными продуктами выделяются и более узкие решения. Примером такого программного обеспечения, поддерживающего ведение СМК, является решение «Акелон QMS. Отклонения» (от Directum), которое учитывает требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования». Информационная система позволяет фиксировать и консолидировать данные об отклонениях, расследовании причин отклонений, согласовании результатов расследования, заключениях по проведенным расследованиям (рисунок 1.4.4) [240].

Рисунок 1.4.4 – Фрагмент программного решения «Акелон QMS. Отклонения» [240]

Смежным решением российской компании является «Акелон QMS. САРА» (Corrective And Preventive Actions) – система, обеспечивающая управление корректирующими и предупреждающими действиями с учетом требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования». План САРА может базироваться на выявленных отклонениях. Элементы карточки документа САРА-план отражены на рисунке 1.4.5.

Рисунок 1.4.5 – Фрагмент программного решения «Акелон QMS. CAPA» [239]

Среди специализированного программного обеспечения в сфере СМК также следует выделить «Intranet: ISO» – программу для автоматизации управления процессами системы менеджмента качества от российского разработчика ООО «СК». Программа зарегистрирована в Реестре российского программного обеспечения, реестровая запись № 4346 от 29.03.2018. Если Business Studio – программа «коробочного» типа, то Intranet: ISO переходит в разряд облачных решений.

Помимо представленных тиражируемых продуктов непосредственно автоматизации процессов СМК посвящены решения: программы для ЭВМ «Программа автоматизированного управления документацией системы менеджмента качества (Документация «СМК»))» (Г.К. Саркисян, С.А. Антонова; номер регистрации 2017664089 от 15.12.2017), «Программный модуль для автоматизации создания и сертификации систем менеджмента качества предприятий ОПК» (А.Н. Левченко, Е.И. Горностаева; номер регистрации 2018616991 от 09.06.2018), «ИСУ. Менеджмент качества» (В.А. Безрученко; номер регистрации 2020617633 от 08.07.2020) и пр. [189].

3) *Программный модуль управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства*

Представленный выше обзор программной поддержки системы менеджмента качества позволяет констатировать пробел в части отражения процессов, способствующих обеспечению импортозамещения и технологического суверенитета. В связи с этим видится перспективным исследование и развитие функционала программ автоматизации СМК. В результате аналитического обзора зарегистрированных программ для ЭВМ (опубликованных на официальном сайте Роспатента) выявлена слабая представленность разработок подобного характера.

Упоминание технологического суверенитета встречается в программе для ЭВМ «Диагностика импортонезависимости промышленного предприятия» (А.И. Шинкевич, Ф.Ф. Галимулина, Н.В. Барсегян; номер регистрации 2022680491 от 02.11.2022), а также базах данных «Трансфер научных результатов аграрных вузов в агропромышленный комплекс» (К.П. Колотырин, К.А. Петров, Е.В. Бородастова; номер регистрации 2023624515 от 11.12.2023), «Российские приборы контроля климатически активных газов» (Е.А. Муравьева, Е.С. Кулакова; номер регистрации 2022623757 от 30.12.2022), «База данных о крупнейших инвестиционных проектах России до 2030 г.» (А.В. Котов; номер регистрации 2023624614 от 13.12.2023) [189]. Однако отмеченные разработки не охватывают процессы и документооборот системы менеджмента качества.

Проект технологического суверенитета – это состояние, одним из направлений достижения которого является импортозамещение, импортоопережение (как процесс). Информационная поддержка импортозамещения нашла отражение в следующих разработках: программы для ЭВМ «Система для анализа планов мероприятий по импортозамещению (АС Импортозамещение-1)» (Ю.Н. Косенко, С.Н. Типикин; номер регистрации 2016614465 от 25.04.2016), «Прототип отраслевого портала информационно-аналитической поддержки импортозамещения в ТЭК» (А.В. Трусов, В.А. Трусов; номер регистрации 2017616121 от 01.06.2017), «Аппаратная программа оценки эффективности регулирования импортозамещения в условиях кризиса» (Р.Е. Балтер; номер регистрации 2023681771 от 18.10.2023) и др. [189].

Таким образом, выявлена ограниченность автоматизированных систем менеджмента качества в контексте мониторинга и диагностики мероприятий в области импортозамещения и реализации проектов технологического суверенитета (рисунок 1.4.6), что обуславливает потребность разработки такого программного обеспечения (модуля), которое будет сочетать основные структурные элементы СМК и решение задачи обеспечения технологической локализации производства. Предлагается назвать данный структурный элемент программы «Программный модуль управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства».

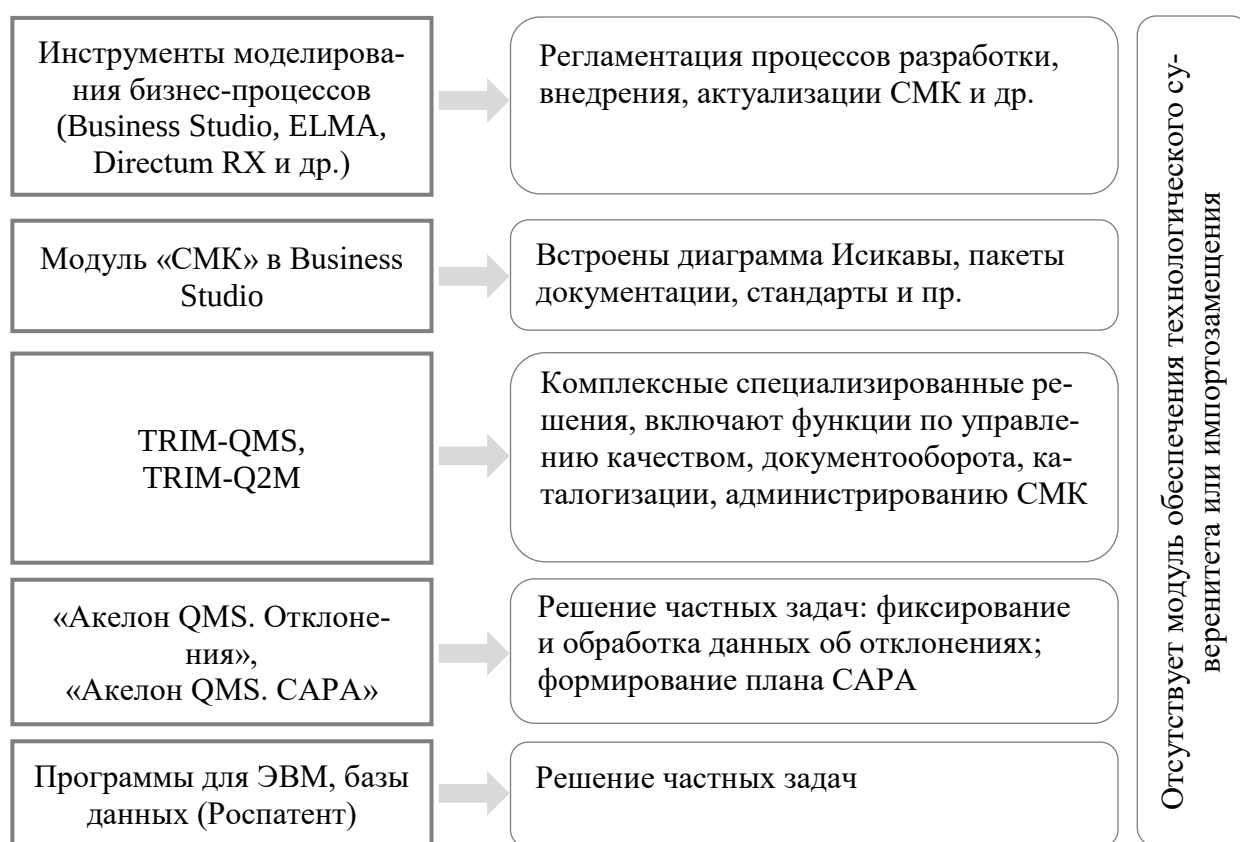


Рисунок 1.4.6 – Систематизация функционала программного обеспечения СМК (обобщено автором)

Рисунки 1.4.2 и 1.4.6 являются «цифровым ядром» для построения интегрированной системы менеджмента в цепях поставок. Он переводит СМК из формата бумажных папок в формат «живой исполнимой модели».

Работа модуля в среде «Business Studio» (и смежных решений типа «Akelon» или «TRIM») строится по принципу сквозного проектирования управления:

Этап А: Проектирование «генетического кода» качества (рисунок 1.4.2).

Действия: в модуле прописываются цели (например, «Достижение 95% локализации критических узлов компрессора») и показатели (KPI).

Функционал: подфункции 1 и 2 позволяют графически отразить процессы: как требования Газпрома превращаются в технические задания для металлургов (Tier 3) и электронщиков (Tier 2).

Этап Б: Регламентация и автоматическая генерация документации.

Действия: система на основе созданных моделей сама формирует «Пакеты документации» (рисунок 1.4.2).

Результаты: машиностроительный завод получает готовые регламенты, а поставщик литья – четкие инструкции по контролю качества, выгруженные из единой базы.

Этап В: Управление отклонениями (рисунок 1.4.6).

Действия: если при испытаниях компрессора выявлена вибрация, используется модуль «Акелон QMS. Отклонения».

Функционал: в систему встроены инструменты качества (диаграмма Иси-кавы). Команда вводит данные, и программа помогает визуализировать причину (например, некачественный сплав вала) и тут же формирует план корректирующих действий (CAPA).

Рассмотрим поэтапно, как работает ПО в конкретной производственной ситуации. Допустим, что необходимо локализовать производство сухих газодинамических уплотнений (СГУ), которые раньше поставлялись из-за рубежа.

1. Планирование (Модуль СМК): в системе создается проект «Локализация СГУ». Устанавливаются контрольные точки и требования стандарта ISO 9001/API Q1.

2. Разработка процесса (рисунок 1.4.2, Подфункция 3): моделируется процесс взаимодействия «Машиностроитель – Химический завод». Программа

определяет, какие данные о качестве полимеров химии должны загружать в Единое информационное пространство.

3. Функционирование (модуль каталогизации и администрирования): каждое российское уплотнение получает цифровой паспорт. Программа «TRIM-QMS» отслеживает историю его тестов.

4. Результат при сбое: если уплотнение «потекло» на стенде, программа блокирует отгрузку всего компрессора и автоматически отправляет рекламу поставщику через модуль «Отклонения», прикрепив к ней цифровую диаграмму причинно-следственных связей.

Практическим результатом от использования модуля будет три ключевых эффекта:

1. Для межотраслевого взаимодействия (Прозрачность):

Результатом является устранение «информационных колодцев». Металлург, химик и машиностроитель работают по единому регламенту, выгруженному из одной программы. Нет разночтений в стандартах.

2. Для технологической локализации (Скорость):

Результатом будет сокращение сроков внедрения СМК на новых предприятиях-партнерах. Вместо написания инструкций «с нуля», им передается готовый «цифровой пакет качества», разработанный в Business Studio.

3. Для управления (Снижение рисков):

Результатом является переход к предиктивному качеству. На рисунке 1.4.6 видно, что комплексные решения позволяют фиксировать отклонения в реальном времени. Это позволяет не «искать виноватых» после аварии на станции Газпрома, а исправить процесс еще на этапе Tier 2 (уровень поставщика 2).

В стандартных решениях ПО отмечено отсутствие модуля «управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства» («Технологическая устойчивость производства»). Предлагаемый программный модуль восполняет этот пробел, превращая классическую СМК из системы «контроля бумажек» в инструмент «управления критическими ресурсами проекта локализации».

В рамках программного модуля под технологической устойчивостью понимается способность производственной системы сохранять заданные параметры качества и объемы выпуска продукции при изменении внешних условий поставок. Модуль ориентирован на минимизацию критических технологических зависимостей и переход к высокоавтономному циклу производства через инструменты глубокой локализации

Таким образом, ПО позволяет превратить теоретическую модель ИСМ в рабочий управленческий инструмент, который делает межотраслевую цепь поставок управляемой, прозрачной и защищенной от рисков потери качества при импортозамещении.

Для более глубокого понимания вопроса рассмотрим «окна» программного модуля «ТЕХНО-ЛОК» (Технологическая локализация) – Управление Ресурсами Локализации».

Для программного модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации представлено несколько «окон программы», которые будут отражать его функционал и демонстрировать связь с концепциями технологической устойчивости и импортозамещения, что отсутствует в текущем модуле. Главная идея нашего проекта состоит в том, чтобы перейти от стандартного управления качеством (как в Business Studio QMS) к активному управлению ресурсами и процессами, направленными на снижение импортозависимости и достижение технологического суверенитета.

1. Главное Окно / Панель Управления (Дашборд) – «Панель мониторинга технологической устойчивости» (рисунок 1.4.7). Это первое окно, которое видит пользователь. Оно предоставляет общую картину состояния проектов локализации и зависимости от импорта. Здесь отображаются KPI локализации и риски срывов поставок.

ОБЗОР ПРОЕКТОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ		
Ключевые показатели (KPI) Процент локализации критических компонентов (по стоимости / по количеству) Количество активных проектов локализации Снижение доли импорта за период (график) Риски зависимости от импорта (общая оценка / "светофор") Бюджет освоенный / запланированный по локализации	Критические ресурсы Контроллер ЧПУ Подшипники Полимер Пресс-форма литьевая Микропроцессоры	Проекты локализации Проект 1 Проект 2 Проект 3 Проект 4 Проект N
Панель быстрого доступа + Новый проект + Добавить ресурс Отчеты Настройки	Задачи Открыть календарь Открыть год Открыть месяц Открыть неделя	Визуализация Построить график Построить гистограмму Построить диаграмму Индикаторы прогресса

Рисунок 1.4.7 – Обзор проектов локализации и импортозамещения
(построено автором)

2. Окно – «Реестр Критических Ресурсов» (рисунок 1.4.8). Сфокусировано на том, от каких импортных узлов предприятие зависит сильнее всего. Это центральное окно для детализации всех ресурсов, важных для производства и оценки их локализационного потенциала. Окно открывает таблицу с наименованием ресурсов, категорией, текущим источником, степенью критичности в условиях импортозависимости, долей в себестоимости (СБС) или объеме, статусом локализации, ответственными лицами. Также может быть предусмотрена

возможность вносить комментарии. При выборе конкретного ресурса открывается его карточка с детальным описанием отдельным аспектов и документов.

РЕЕСТР КРИТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Фильтр

Поиск

Экспорт

+ Добавить ресурс

Инициировать проект локализации

Ресурс	Категория ▼	Источник ▼	Степень критичности ▼	Доля в СБС, объеме	Статус локализации ▼	Ответственный
...	материал	отечественный	высокая	... %	запланировано	...
...	сырье	импортный	средняя	... %	в работе	...
....	технология	отечественный	низкая	%	локализовано	....
...	ПО	импортный	низкая	... %	локализовано	...
...	оборудование	импортный	высокая	... %	невозможно	...

Карточка ресурса

Полное описание, технические характеристики

Текущие поставщики (страна, риски поставки)

Потенциальные отечественные аналоги / поставщики

История закупок и использования

Связь с проектами локализации: список проектов, где этот ресурс является целью локализации.

Документы (сертификаты, чертежи, спецификации)

Полное описание, технические характеристики

...

Рисунок 1.4.8 – Окно «Реестр Критических Ресурсов» (построено автором)

3. Окно – «Проекты Технологической Локализации» – это окно для управления самими проектами по импортозамещению и развитию отечественных технологий (рисунок 1.4.9). Открывает таблицу с проектами, целевыми ресурсами и технологиями, статусом, датами начала и завершения проекта (план / факт), бюджетом (план / факт), ФИО ответственного руководителя проекта и

процентом выполнения. По каждому проекту предусмотрена возможность увидеть его детальное описание, а также прикреплять модели процессов из среды Business Studio, разработанные для данного проекта локализации.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ								
Создать новый проект			Редактировать		Удалить		Отчет по проекту	
Проект	Цель	Целевой ресурс / технология	Статус ▼	Дата начала	Дата завершения	Бюджет	Ответственный	Выполнение
...	снижение ИЗ	...	планирование	...	...	...	...	...
...	освоение НТ	...	выполнение	...	...	...	...	...
....	освоение НТ	....	завершено	....	....	....	....	....
...	снижение ИЗ	...	приостановлен	...	...	...	...	...
...	снижение ИЗ	...	планирование	...	...	...	...	...

Описание проекта

Этапы и контрольные точки (Milestones): График Ганта или дорожная карта

Требуемые критические ресурсы: Перечень ресурсов, необходимых для выполнения проекта (персонал, оборудование, финансы, знания).

Риски проекта: Оценка, меры по снижению (связь с модулем «Акселон QMS. Отклонения»).

Команда проекта: Участники и их роли

Результаты локализации: Фактическое снижение импортозависимости, экономический эффект

Документация проекта: техническая документация, отчеты, стандарты.

+ Модель процессов из Business Studio, разработанные для данного проекта локализации

Цели, задачи, ожидаемые результаты

Рисунок 1.4.9 – Окно «Проекты Технологической Локализации»
(построено автором)

4. Окно – «Матрица оценки технологической автономности». Здесь отображается график, насколько предприятие способно поддерживать цикл производства собственными силами, глубина локализации (рисунок 1.4.10).

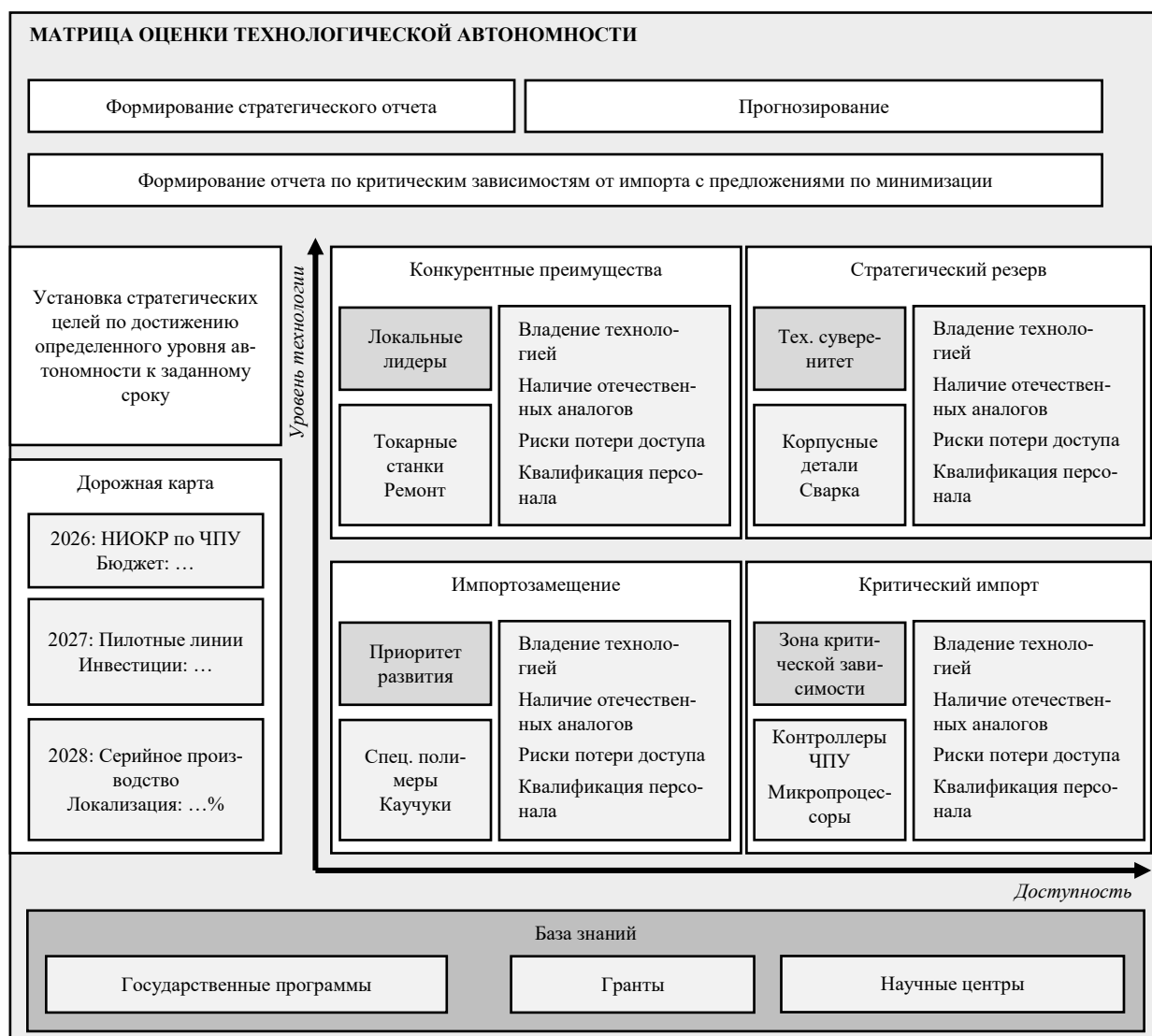


Рисунок 1.4.10 – Окно «Матрица оценки технологической автономности»
(построено автором)

Это уникальное окно с моделью оценки технологической автономности, включая интерактивную матрицу, где можно оценить текущий уровень автономности по ключевым технологическим направлениям (например, электроника, металлообработка, ПО для ЧПУ и т.д.), параметры (уровень владения технологией, наличие отечественных аналогов, риски потери доступа, квалификация

ция персонала, наличие НИОКР), визуализировать в дорожной карте стратегические инициативы, проекты НИОКР, инвестиции, направленные на повышение технологической автономности, аналитику по уязвимостям, базу знаний.

5. Окно – «Карта компетенций и базы отечественных партнеров», это база данных для поиска и управления отечественными поставщиками и компетенциями (рисунок 1.4.11). Таблица предоставляет информацию о партнерах (поставщик, НИИ, вуз, инжиниринговый центр и др.), возможность найти партнера по конкретной технологии или производимому компоненту, отправить запрос потенциальному партнеру через систему, добавить партнера и др.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ И БАЗЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАРТНЕРОВ

Добавить партнера

Обновить данные

Оценка партнера

Поиск партнера

По технологии

По производимой продукции

По адресу

Партнер	Специализация	Ключевая компетенция / технология	Опыт (успешные проекты)	Контактная информация	Статус верификации	
...	НИОКР	...	...	...	...	Написать
...	производство	...	...	...	...	Написать
....	тестирование	....	....	....	....	Написать
...	обучение	...	...	...	...	Написать
...	НИОКР	...	...	...	...	Написать

Карточка партнера

Детальная информация

Отзывы

Рейтинг

Документы (лицензии, сертификаты)

Полное наименование, адрес, численность персонала

Рисунок 1.4.11 – Окно «Карта компетенций и базы отечественных партнеров»
(построено автором)

Модуль «ТЕХНО-ЛОК» должен быть интегрирован с существующими системами (Business Studio, TRIM-QMS, Akcelon QMS) для использования данных о качестве и отклонениях, но иметь собственный, уникальный функционал для управления именно локализацией и импортозамещением.

К числу справочников, используемых сегодня в программном обеспечении СМК, относятся: «Процессы», «Работы», «Продукция», «Процедуры», «Стандарты», «Пакеты документации СМК», «Распорядительные документы», «Требования», «Шаблоны отчетов», «Ответственный», «Исполнитель», «Цели», «Показатели», «Несоответствия», «Последствия». Примерами элементов таких справочников являются [200,212]:

а) процедуры: внутренний аудит, корректирующие действия, управление документами, управление записями, управление несоответствиями;

б) требования: требования потребителя, законодательные требования и др.;

в) отчеты: журнал выполненных работ, журнал протоколов о несоответствии, статистические отчеты;

г) документы СМК: Политика в области качества, Руководство по качеству, регламент процессов, должностные инструкции, технологическая документация, график создания положений о подразделениях, график создания должностных инструкций и др.;

д) распорядительные документы: приказы, распоряжения и др.;

е) несоответствия: не документировано, не аттестовано испытательное оборудование, не представлен график, не выполняется график и т.д.

Дополнением к новому модулю может служить справочник «Показатели технологической локализации»: доля отечественной продукции в общем объеме ресурсов; доля отечественных машин и оборудования; использование отечественного программного обеспечения в структуре автоматизированной системы управления предприятием и т.п. Соответствующая информация должна быть закреплена во внутренней документации предприятия, включая Политику в области качества, Руководство по качеству.

Модуль обеспечения проекта технологической локализации должен быть интегрирован с другими программными компонентами СМК, а сквозными должны быть такие элементы, как продукция, процессы, планы, показатели, документы, ресурсы, отчеты, подразделения. Интеграция обеспечит доступ к релевантным данным о решении задачи обеспечения технологического суверенитета в сочетании с требованиями СМК. Внедрение модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства не видится капиталоемким, а рассматривается как модернизация корпоративной информационной системы в ответ на вызовы современности. Такое решение может послужить рычагом повышения качества выпускаемой продукции. Практическое подтверждение результатов исследования получено на базе субъекта оборонно-промышленного комплекса – федерального казённого машиностроительного предприятия, на котором, благодаря работе по внедрению модуля ОПТС, удалось достичь снижения зависимости от импортных технологий и материалов на 45 % и уменьшить себестоимость продукции на 20% в связи с использованием отечественных материалов и технологий.

Таким образом, сформулирован вывод об ограниченном ассортименте комплексных программных решений в области менеджмента качества, обоснована необходимость и целесообразность развития существующих вариантов функционала программных продуктов поддержки СМК за счет включения модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства, позволяющего оценить вклад предприятия в наращивание технологической локализации производства.

1.5 Выводы по главе

1. Информационное обеспечение системы менеджмента качества представляет собой совокупность документов отчетного и процедурного характера по вопросам менеджмента качества предприятия, агрегированных в единой ин-

формационной среде предприятия, предназначенных для принятия эффективных управленческих решений по совершенствованию системы менеджмента качества. Важно отметить, что автоматизация процессов управления в области качества на основе использования информационно-коммуникационных технологий позволяет не только автоматизировать учет документов, но и оптимизировать материальные и информационные потоки на предприятии, перепроектировать процессы, повышая их эффективность.

2. Для повышения конкурентоспособности производственно-хозяйственной деятельности предприятий машиностроительной отрасли необходимо внедрение в практику интегрированной системы менеджмента, которая представляет собой совокупность двух и более систем менеджмента, функционирующих как единое целое.

3. Успешная реализация проектов технологической локализации в машиностроении возможна только при комплексном учете таких факторов, как технологические, производственные, экономические, организационные, кадровые, геополитические и др. Снижение зависимости от импорта технологий и комплектующих, а также стимулирование внутреннего спроса на отечественную продукцию позволят обеспечить устойчивый рост отрасли в долгосрочной перспективе.

4. Сформулирован вывод об ограниченном ассортименте комплексных программных решений в области менеджмента качества, обоснована необходимость и целесообразность развития существующих вариантов функционала программных продуктов поддержки СМК за счет включения модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства, позволяющего оценить вклад предприятия в наращивание технологического суверенитета страны. Внедрение модуля ведет к повышению уровня контроля над технологической документацией путем создания единого цифрового архива конструкторской и технологической документации, обеспечивающего централизованное хранение, управление версиями и доступность информации,

сокращение времени поиска и получения необходимой документации, снижение риска использования устаревшей или неактуальной документации.

5. Интеграция модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства с системами CAD/CAM/CAE позволяет использовать отечественные стандарты и технологии при проектировании и производстве; автоматически формировать технологические карты с учетом доступного отечественного оборудования и оснастки; моделировать и оптимизировать производственные процессы для снижения зависимости от импортных технологий. Все это в совокупности ведет к оптимизации процессов проектирования и производства с учетом отечественных технологий.

Данные результаты были подтверждены на промышленном предприятии, на котором, благодаря работе по внедрению модуля управления критическими ресурсами проекта технологической локализации производства, удалось достичь снижения зависимости от импортных технологий и материалов на 45 % и уменьшить себестоимость продукции на 20% в связи с использованием отечественных материалов и технологий.

2 РАЗВИТИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

2.1 Развитие интегрированной системы менеджмента в условиях обеспечения технологической локализации производства

В условиях масштабной трансформации внешнеполитических и макроэкономических факторов вопросы научно-технологической кооперации, масштабирования собственного производства и формирования передовых компетенций стали приоритетными направлениями государственной промышленной политики в области машиностроения.

Категория «технологический суверенитет» с 2022 года закрепились в качестве фундаментальной концепции развития отечественной экономики. Несмотря на то, что в экспертном дискурсе понятия «импортозамещение» и «технологический суверенитет» зачастую используются как синонимичные, на уровне государственного управления произошел терминологический сдвиг. В частности, было обосновано приоритетное использование термина «технологический суверенитет» как более комплексного, отражающего не только замену иностранных аналогов, но и достижение независимости критических управленческих и производственных систем.

Институциональное закрепление данного подхода произошло в рамках Петербургского международного экономического форума (июнь 2022 г.), где Президентом РФ достижение технологического суверенитета, независимого от влияния иностранных институтов, было определено в качестве сквозного принципа развития страны. Данный этап ознаменовал концептуальную трансформацию промышленной политики: переход от либерально-рыночной модели к стратегии активного государственного участия в обеспечении технологической автономии. Следовательно, современная государственная политика позиционируется как комплекс мер, предполагающий усиление роли механизмов прямого

регулирования, государственных институтов развития и инструментов программно-целевого регулирования.

Нормативно-правовым базисом данной стратегии выступило Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 г. № 603, утвердившее приоритетные направления проектов технологического суверенитета и структурной адаптации экономики (с учетом актуализации от 6 ноября 2024 г.). Ключевыми объектами данной политики определены высокотехнологичные отрасли машиностроительного комплекса, включая авиационную промышленность, автомобилестроение и железнодорожное машиностроение, медицинскую промышленность, нефтегазовое машиностроение и ряд других, что подтверждает стратегическую значимость данных секторов для обеспечения национальной безопасности [178].

По результатам заседаний Совета по стратегическому развитию и национальным проектам в мае 2023 года была разработана и утверждена концепция технологического развития на период до 2030 г. [140]. Согласно данной концепции:

– импортозамещение «осуществляется в форме локализации на территории Российской Федерации производств и технологий, воспроизведения технологий, либо в форме переориентации трансграничных производственных цепочек на устойчивых (надежных) поставщиков, импортирующих на территорию Российской Федерации товары, услуги и технологии» [140];

– «технологический суверенитет обеспечивается в 2 основных формах – исследования, разработка и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню) и производство высокотехнологичной продукции, основанного на указанных технологиях. Технологический суверенитет обеспечивается в том числе с опорой на устойчивое международное научно-техническое сотрудничество с дружественными странами» [140].

Несомненно, что это требует трансформации модели интегрированной системы менеджмента для цепи поставок, и прежде всего, в машиностроении.

В настоящее время определению понятия «технологический суверенитет», выявлению его принципов становления, факторам, влияющим на его обеспечение, формам реализации, направлениям развития посвящены большое количество научных исследований отечественных ученых – Афанасьева А. А. [11,12], Байдарова Д. Ю. [14], Барсегян Н. В. [19,18], Галимулиной Ф. Ф. [42,45,44], Ештокина С. В. [116], Кротовой М. В. [145], Кудрявцевой С. С., Фальцмана В. К. [243], Шинкевича А.И. [262], Шушуновой Т. Н. [268] и других, что подтверждает актуальность темы исследования. В более ранних исследованиях, посвященных развитию импортозамещения, также находят отражения проблемы, которые влияют на формирование технологического суверенитета на уровне предприятий [5,42,164,195,211,280].

В зарубежных исследованиях также затронута проблема обеспечения технологического суверенитета отраслей промышленности и его влияния на развитие инновационной экономики в условиях трансформационных процессов [298,284,285,276,296].

По итогам Заседания Совета по стратегическому развитию и национальным проектам, под технологическим суверенитетом понимается «способность государства обеспечить научно-техническое и промышленное развитие для создания и поддержания собственных технологий, инфраструктуры, обеспечивающей жизненно важные направления, независимость политики, экономики от иностранных технологий» [231].

Согласно проекту поправок, к закону «О промышленной политике», подготовленного Минпромторгом, технологический суверенитет следует понимать, как «комплекс мер, которые направлены на обеспечение, развитие и поддержание внутри России кадрового, финансового, технологического и материального потенциала, направленного на развитие российской промышленности» [86,176]. Исходя из данного определения технологического суверенитета главным принципом независимости Шинкевич А. И., Шогенов В. А. определяют преимущественное использование отечественной промышленной продукции,

сырья, материалов и технологий в процессе производства [262]. В этой же работе они приводят исследования Института Фраунгофера, в котором дается следующее определение: «технологический суверенитет – это способность располагать технологиями, которые считаются критически важными для обеспечения благосостояния и конкурентоспособности, а также возможность самостоятельно разрабатывать их или получать их от экономик других стран без односторонней структурной зависимости» [262].

В целом, вопросам влияния факторов на становление технологического суверенитета в настоящее время уделяется пристальное внимание. Проблемы ресурсоэффективности промышленного комплекса как основы обеспечения технологического суверенитета рассматриваются в исследованиях Шинкевича А. И., Кудрявцевой С. С., Ершовой И. Г., Miller A., Miller M. [302,298]. Развитие цифровых инструментов управления промышленным предприятием является одним из ключевых факторов успеха обеспечения технологического суверенитета. Так, Галимулина Ф. Ф. в своем исследовании анализирует определения термина «цифровой суверенитет», являющийся одним из факторов государственного суверенитета и новым вызовом для страны [45]. Определение «цифрового суверенитета» также уточнено Володенковым С. В. и др., под которым понимается «эмерджентное свойство государства как сложной системы, которое возникает в результате ... соединения цифровой технологической инфраструктуры государства с цифровыми компетенциями и навыками ... институтов и самих граждан» [37].

Вопросы применения сквозных цифровых технологий как фактора формирования технологического суверенитета страны отражены в исследованиях Ештокина С. В. [116]. Лучинин В. В. в качестве ингибиторов становления технологического суверенитета выделяет низкую экономическую эффективность инвестиций в инновации, снижение качества компетенций, импорт информационных технологий и др. [153]. В коллективной монографии Н.Г. Вовченко, Н.Г. Кузнецов и др. исследованы инструменты и механизмы обеспечения технологического суверенитета в условиях цифровизации [102].

Edler J., Blind K., Kroll H., Schubert T. в своих исследованиях [284,285] определяют технологический суверенитет не как самоцель, а как средство достижения основных целей инновационной политики – поддержания национальной конкурентоспособности и наращивания потенциала для проведения политики преобразований. Они выделяют четыре основные предпосылки, на которых основан технологический суверенитет:

1) технологический суверенитет является реакцией на меняющиеся мировые тенденции, в котором система свободного международного сотрудничества подверглась запретам;

2) технологический суверенитет – это динамичная концепция, ориентированная на наращивание компетенций и потенциала посредством инновационной политики и стремящаяся поддерживать стабильные международные технологические взаимозависимости везде, где это возможно;

3) концепция технологического суверенитета обосновывает необходимость сохранения компетенций и стабильности, с целью долгосрочной прибыли от участия в критических технологиях;

4) инструментами конкурентной и инвестиционной политики концепция технологического суверенитета создает возможность быстрой адаптации в условиях турбулентности экономики.

Mazzucato M. определяет рост технологического суверенитета как результат растущего требования к государствам сохранять свою способность действовать стратегически [296]. Связь между технологическим суверенитетом и другими ранее существовавшими в рамках инновационной политики концепциями, в частности политикой импортозамещения, конкурентоспособностью и цифровой трансформации, обоснована в исследовании Schot J., Steinmueller W. E. [299].

Как показывает анализ различных исследований, нет единого мнения о категории «технологический университет», и разработка интегрированной системы его обеспечения является актуальной проблемой, на решение которой направлено наше исследование.

Технологический суверенитет направлен на решение следующих задач:

- обеспечение безопасности, технологического лидерства;
- повышение уровня фундаментальных технологий, позволяющих создавать продукты, с помощью цифровых двойников, новых материалов, процессов, сенсоров и прочее;
- развитие сквозных цифровых технологий;
- развитие цифровой трансформации;
- расширение доступности ресурсного обеспечения для отечественного высокотехнологичного бизнеса;
- повышение качества подготовки инженеров и IT-специалистов.

Основные механизмы обеспечения технологического суверенитета представлены на рисунке 2.1.1.

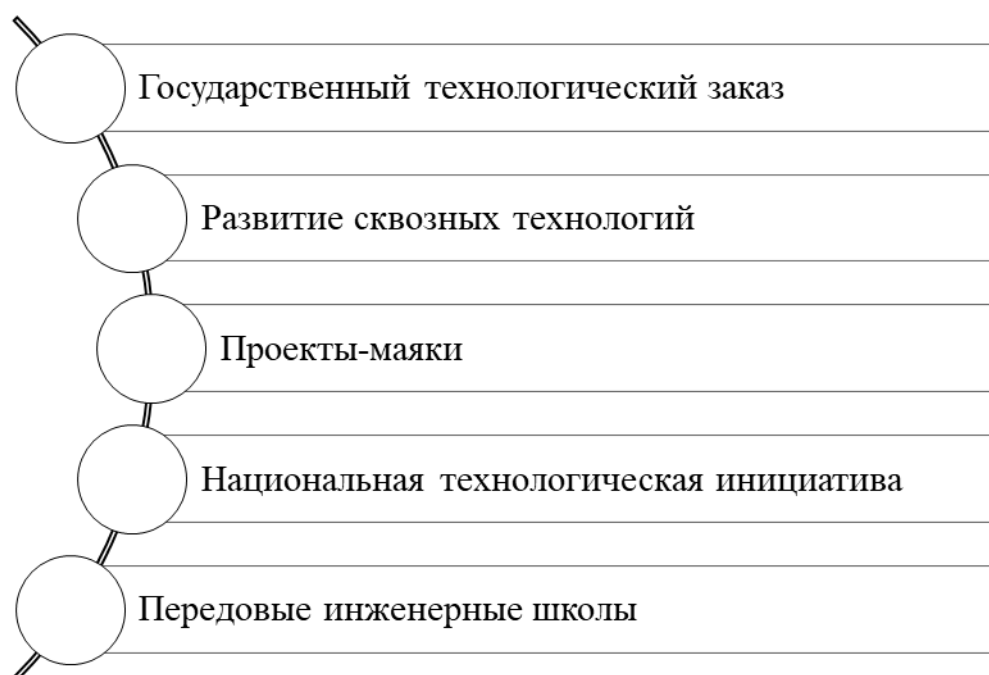


Рисунок 2.1.1 – Механизмы обеспечения проектов технологического суверенитета (обобщено автором)

С целью достижения и обеспечения технологического суверенитета необходимы определенные меры и направления развития. Так, например, Афанасьев А. А. выделяет следующие направления развития по достижению технологического суверенитета в России в настоящих условиях [10]:

- реализация комплекса антикризисных мер по сохранению и восстановлению технологической целостности страны;
- меры реагирования, которые связаны с ограничениями деятельности иностранных компаний на территории страны;
- мероприятия, направленные на увеличение автономности функционирования ключевых сфер жизнеобеспечения;
- промышленная политика по локализации цепи создания стоимости, импортозамещения, индустриализации;
- модернизация основных фондов на суверенной технологической основе.

Основным подходам к обеспечению технологического суверенитета внимание уделено в работе Кротовой М. В. [145]. К их числу относятся:

- «проведение границ»: здесь, в рамках первого подхода рассматривается ограничение рамок отраслевой модели, что позволяет более конкретно определить необходимое обеспечение разработчиками для технологического развития;
- выявление реальных ресурсов между исследуемой системой и окружающей средой;
- исследование взаимодействий системы с системами более высокого уровня.

Кроме этого, следует отметить, что в настоящее время многие научно-образовательные центры уже внесли изменения в свои программы с целью достижения и обеспечения импортозамещения и технологического суверенитета России. Однако, для обеспечения технологического суверенитета страны усилий и действий только со стороны государства недостаточно. Необходимо участие также и со стороны бизнеса, и научно-производственных предприятий, госкорпораций и госкомпаний, так как именно они, в большинстве случаев, являются основными спонсорами и инвесторами научных проектов ТС. Сейчас, в рамках Концепции научно-технологического развития страны [8], главная задача крупнейших компаний заключается в координации своей научной деятельности.

Также для достижения технологического суверенитета на федеральном уровне планируется создать реестр российской промышленной продукции, который будет предназначен для расширения применения отечественной продукции, а также с целью использования стимулирующих мер по ее преимущественному использованию.

Наряду с этим для обеспечения технологического суверенитета страны развивается и происходит подготовка специалистов и кадров для отечественной науки. Развиваются и функционируют передовые инженерные школы, организовываются и проводятся научно-технологические форумы, конгрессы, мероприятия с целью предоставления возможностей для молодых ученых, специалистов, а также объединения представителей ведущих научных школ, чтобы продемонстрировать свои научные достижения и разработки отечественных ученых. Для непрерывного улучшения организации производства, соответствия отечественной продукции требованиям качества национальных и международных стандартов процесс импортозамещения на предприятии должен осуществляться в соответствии с принципами системы менеджмента качества.

На рисунке 2.1.2 представлена оценка руководителями организаций степени важности внедрения СМК. Как видно из графика, 90% поставщиков комплектующих, к которым предъявлялись существенные требования по показателям качества, убеждены в том, что наличие СМК – скорее важно и очень важно. И только 10% поставщиков, к продукции которых предъявлялись несущественные требования, отмечают, что для них наличие СМК скорее неважно и больше является возможностью выхода на новые рынки и/или требованием крупного заказчика (клиента) (рисунок 2.1.2).

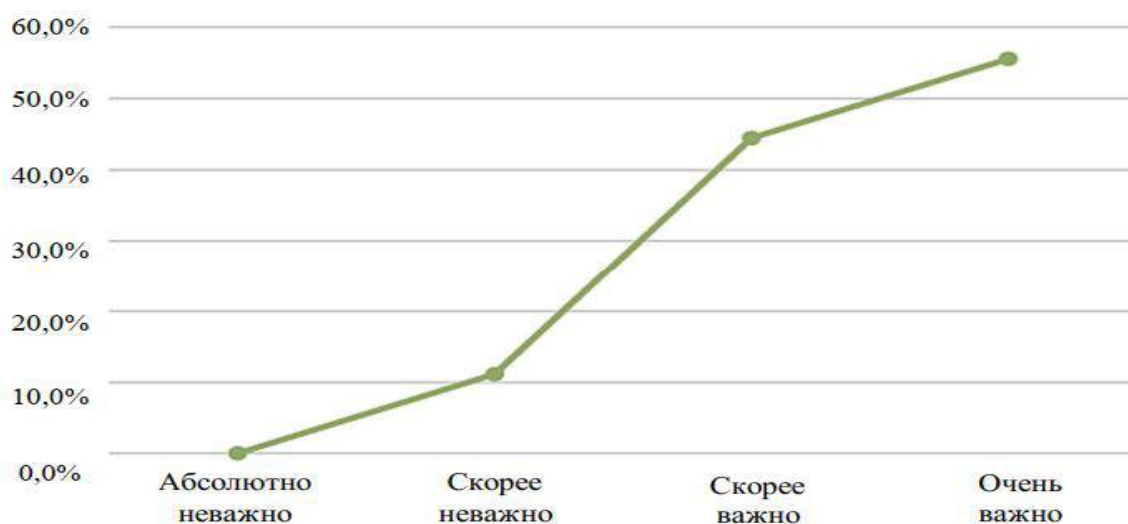


Рисунок 2.1.2 – Оценка степени важности внедрения СМК руководителями организаций, % (рассчитано автором)

Дополнительно выявлено, что понимание ценности и роли системы менеджмента качества свойственно руководителям, инициировавшим свою предпринимательскую деятельность в 1990-е годы. В этот сложный для страны период трансформации экономики и перехода к рыночным отношениям сформировалась когорта руководителей, отличающихся жёсткостью и волевыми качествами. Как следствие, именно указанная категория топ-менеджеров с выраженной ориентацией на результат заняла руководящие позиции в ряде успешных российских компаний.

Дополнительным подтверждением сделанных выводов стали сведения, полученные из отчетной документации «Анализ со стороны руководства». У поставщиков с внедренной СМК отчет содержал входные данные, перечисленные в п. 9.3.2 ГОСТ Р ИСО 9001–2015, среди которых:

- статус действий по результатам предыдущих анализов со стороны руководства;
- изменения во внешних и внутренних факторах, касающихся системы менеджмента качества;
- информация о результатах деятельности и результативности системы менеджмента качества.

А также выходные данные (п. 9.3.3 ГОСТ Р ИСО 9001–2015):

- возможности для улучшения;
- изменения в системе менеджмента качества;
- потребности в ресурсах.

Следующим фактором, значение которого не следует переоценивать, выступает количество несоответствий, идентифицированных в ходе внешних и внутренних аудитов. С одной стороны, данный показатель является значимым и заслуживает внимания. Однако при его анализе важно учитывать не столько количественные характеристики выявленных несоответствий, сколько потенциальные последствия, к которым они могут привести. В связи с этим необходимо принимать во внимание принадлежность выявленного несоответствия к конкретному виду деятельности организации. Так, несоответствия, связанные с управлением документацией (например, количество допущенных ошибок), влекут за собой существенно менее серьёзные последствия по сравнению с теми, которые выявляются на этапах производственного процесса или непосредственно у потребителя.

Исходя из проведенного анализа, можно резюмировать, что в основе повышения эффективности организации при внедрении СМК для достижения технологического суверенитета по всем этапам жизненного цикла выпускаемой продукции, должны лежать следующие положения. Во-первых, на наш взгляд, одним из ключевых факторов является осознанное принятие решения о необходимости внедрения СМК именно владельцем бизнеса, а не исполнительным директором, которому передано руководство. Лицо, которое осуществляет руководство текущей деятельностью, заинтересовано в достижении прежде всего определенных финансово-экономических показателей, которые и являются основными критериями оценки его эффективности как менеджера. Такие важные результаты от внедрения СМК, как эффективное управление ресурсами, рисками, промышленной и экологической безопасностью, персоналом, являются

отсроченными по времени, но в итоге оказывают системный, а также синергетический эффект, и увеличивают конкурентоспособность как продукции, так и самого предприятия.

Соответственно, если результат от внедрения СМК не виден сразу, то со стороны исполнительного директора может наблюдаться снижение заинтересованности в данном вопросе. Поэтому для него внедрение СМК может представлять интерес исключительно с точки зрения наличия сертификата, также способствующего увеличению сбыта продукции. Важно помнить, что первые результаты от внедрения любой системы управления можно ощутить только через 6–15 месяцев [221], а от внедрения СМК, как правило, через три года. Потеря интереса со стороны руководства может наблюдаться также и после получения сертификата соответствия на СМК, так как создается ощущение, что цель достигнута. В то же время получение сертификата не является гарантом того, что система выстроена и больше не нуждается в управлении, поэтому необходимо проводить постоянный мониторинг и корректировать процессы по мере необходимости.

Во-вторых, на что следует обратить внимание, на наш взгляд, это то, что владелец бизнеса, основываясь на истинных мотивах внедрения СМК, должен заранее определить результаты, которые он планирует получить от ее функционирования. Также необходимо довести ожидаемые результаты от внедрения СМК до сотрудников и специалистов, которые будут непосредственно заниматься разработкой СМК.

В-третьих, руководителям организаций необходимо более глубоко анализировать СМК в соответствии с критериями, обозначенными в разделе 9 «Оценка результатов деятельности» ГОСТ Р ИСО 9001–2015.

По нашему мнению, не следует уделять повышенное внимание показателям, отражающим удовлетворенность потребителей, так как зачастую анкеты, заранее заготовленные в организации, не затрагивают вопросы, которые действительно важны для потребителя. Следовательно, подобные анкеты не дают объективного представления об ожиданиях и требованиях потребителей. Чаще

всего при анализе таких данных можно почерпнуть сведения лишь об оценке качества отдельных составляющих работы организации. Кроме того, иногда анкеты для заполнения попадают в руки узкопрофильных и недостаточно компетентных сотрудников, что также не способствует установлению итоговой объективной оценки.

Следующим фактором, значение которого не стоит сильно преувеличивать, является количество несоответствий, выявленных на внешних и внутренних аудитах. Действительно, с одной стороны, данный показатель является немаловажным и заслуживающим внимания. Но необходимо понимать, что при анализе данного аспекта особую важность представляет не количество выявленных несоответствий, а те последствия, к которым оно может привести. Поэтому в данном случае необходимо учитывать, к какому роду деятельности организации относится выявленное несоответствие. Например, такие несоответствия, относящиеся к управлению документацией, как число допущенных ошибок, имеют значительно менее серьезные последствия, чем те, которые выявляются на этапах производственного процесса или непосредственно у потребителя.

Действительно серьезное внимание должно быть уделено следующим факторам:

- причины невыполнения запланированных мероприятий, а также мероприятий, которые «переходят» из отчета в отчет, но не выполняются;
- причины недостижения целей в области качества;
- количество повторных несоответствий и принадлежность несоответствия к требованиям стандарта ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001–2015);
- результаты аудита внешних поставщиков;
- достаточность ресурсов.

Кроме того, при внедрении СМК необходимо сделать особый акцент на эффективную работу производственного менеджмента, направленную на усо-

вершенствование деятельности производственных систем. За счет тесной взаимосвязи СМК и производственного менеджмента система управления будет обладать следующими признаками:

- 1) целостность;
- 2) гибкость;
- 3) открытость;
- 4) целенаправленность;
- 5) результативность.

В свою очередь, наличие совокупности указанных признаков позволит системе управлять любыми производственными процессами более эффективно и рационально, что приобретает особую значимость в период трансформации отечественной экономики в условиях новой экономической среды. В соответствии с концепцией TQM, лежащей в основе современной теории Управления качеством, производители должны постоянно совершенствовать как качество производимой ими продукции, так и качество всех процессов. Принимая во внимание сложившийся во многих отраслях экономики дефицит финансовых, информационных, материальных ресурсов, кадров, часто становится проблематичным выпускать продукцию «точно в срок» в соответствии со всеми требованиями заказчика. Гибкость системы и возможность быстрой адаптации к изменяющимся условиям позволит предприятиям не только «выжить», но и нарастить свой производственный и финансовый потенциал.

2.2 Систематизация современных принципов производственного менеджмента при реализации проектов технологической локализации в цепях поставок

Реструктуризация промышленности способствовала смещению фокуса внимания с сырьевого характера производства в России к необходимости создания ряда собственных производственных систем, способных восполнить ослабленный технологический суверенитет национальной экономики. Локальных

усилий (на микроуровне) недостаточно для обеспечения существенного результата в развитии промышленности. Акцент сегодня делается на такой форме организации производства, которая позволит интегрировать ресурсы разнопрофильных производственных систем вдоль технологической цепи (жизненного цикла изделия) на базе современных информационно-коммуникационных технологий и формирования агрегатора, выполняющего функции координации интегрированного взаимодействия.

На фоне текущих ускоренных преобразований требуется формирование усовершенствованной методологической базы организации производства и обеспечения конкурентоспособного качества продукции машиностроения путем развития системы принципов производственного менеджмента, адекватной специфике интегрированного взаимодействия предприятий. Предлагается различать принципы базовые и интегративные.

1) К базовым принципам следует относить универсальные принципы организации производственных систем.

а) Принципы организации производства [121, 183, 230, 247]:

- специализация (узкая – согласно подходу Г. Форда, расширенная – согласно Т. Оно);
- параллельность отдельных этапов производственного процесса;
- пропорциональность – соответствие пропускной способности всех переломов;
- прямоточность – кратчайший путь жизненного цикла изделия;
- непрерывность производственного процесса, процессов труда, контроля изделия на всех стадиях производства;
- ритмичность – регламентация равномерного темпа производства;
- автоматизация производственных процессов (на этапе проектирования и подготовки производства – CAD, CAE, CAM, PDM-системы, производства – ERP, SCADA, MES-системы, эксплуатации – CRM, S&SM, утилизации – CPC

(Collaborative Product Commerce), а также на протяжении всего жизненного цикла – PLM-системы);

- минимизация непроизводительных затрат посредством управления операциями, не добавляющими ценности потребителю;
- гибкость – возможность быстрой переналадки оборудования;
- гомеостатичность – способность производственной системы поддерживать устойчивость относительно дисфункции посредством механизма саморегулирования и стабилизации;
- дисциплина на рабочем месте.

б) Принцип соответствия. Подразумевается адекватность производства нормативной документации, техническим регламентам. Формами подтверждения соответствия являются знак соответствия при декларировании, знак обращения на рынке, знак соответствия при обязательной сертификации, знак соответствия при добровольной сертификации.

в) Принципы управления качеством [121, 246]:

- формулирование целей в соответствии с методикой SMART (цель конкретная, измеримая, достижимая, значимая, ограниченная во времени);
- бережливое управление запасами и основными фондами;
- картирование потока создания ценности с целью выявления непроизводительных затрат и возможностей улучшения качества производства;
- ориентация на потребителя и его запросы;
- мотивация, корпоративное обучение, вовлеченность сотрудников в развитие предприятия (новаторские идеи, рационализаторские предложения);
- лидерство как залог качественных перемен в организации производства на предприятии;
- процессный подход;
- системный подход, принцип синергии;
- непрерывное совершенствование (кайдзен).

г) Принципы процессного подхода:

- взаимосвязанность (все процессы связаны между собой входами и выходами, выход одного процесса является входом для другого);
- востребованность (каждый процесс имеет результат, востребованный внутренним или внешним потребителем);
- документирование (каждый процесс должен быть описан и закреплён регламентом, отражающим последовательность выполнения работ и ответственных лиц за каждый блок работ);
- контроль процессов (мониторинг процессов обеспечивает контроль качества продукции);
- ответственность за процесс (за каждым процессом закрепляется владелец процесса, не занятый в реализации процесса, отвечающий за сквозное управление блоками работ).

д) Принципы производственной логистики:

- системность (все подсистемы, звенья и элементы рассматриваются как сложная взаимосвязанная архитектура взаимоотношений, включая управление потоком материалов вдоль технологического процесса);
- рациональность (развитие логистики производства по наилучшему варианту – оптимальному по совокупности заданных критериев);
- надежность (бесперебойное и своевременное снабжение производственной системы необходимыми сырьем, материалами, комплектующими; безотказность производственной системы; качественная информационная поддержка логистических бизнес-процессов);
- комплексность (гармоничное и взаимосвязанное развитие логистической, информационной инфраструктуры, коммуникаций с внешней средой вдоль цепи поставок промышленной продукции, внутренняя кооперация между производственными звеньями, отделами снабжения и распределения, складским хозяйством, транспортной подсистемой);

- гибкость (способность оперативно реагировать на внешние возмущения, например, параллельный импорт, введенный в России в 2022 году как реакция на агрессивную санкционную политику, прогнозировать колебания в производственной системе);

- интеграция (объединение действий звеньев логистической системы с целью рационального управления потоками промышленных изделий и продукции);

- формализация (возможность количественной и качественной оценки процессов, протекающих в производственной системе);

- эффективность (минимизация логистических издержек, соотношение между достигнутым результатом производства и вовлеченными промышленными ресурсами).

е) Принципы системотехники, обусловленные управлением сложными системами. К базовым принципам системотехники относят принципы:

- физичности – функционирование технической (производственной) системы подчиняется физическим законам, которые позволяют выявить причинно-следственные связи;

- моделируемости – сложная техническая (производственная) система изучается посредством построения множества упрощенных моделей;

- целенаправленности – сложная техническая (производственная) система описывается тенденцией к сохранению или повышению эффективности, функционирует в условиях ориентации на достижение конкретного результата под воздействием внешних воздействий.

ж) Принципы теории ограничений, коррелирующие с принципами организации производства, но акцентирующие внимание на ограничивающем ресурсе, что позволяет выполнять заказы в запланированные сроки и гибко реагировать на новые заказы. Данная теория базируется на триаде «барабан – буфер – веревка» (или «барабан – буфер – канат») [17]:

– «барабан» – узкое место, ресурс, требует строгой очередности работ и ритмичности производства, играет первостепенную важность в системе производственного планирования, определяет плановость и эффективность производства;

– «буфер» – буфер запаса времени перед подачей партии на узкое место, предотвращает ограничение («барабан») от простоев в случае задержки партии (выделяют зеленую, желтую и красную зоны);

– «веревка» («канат») – сигнал, материальный поток подается в обработку только в том случае, когда буферные запасы достигли определенного минимума, предотвращает перегрузку производственной цепи.

Результатами применения принципов теории ограничений являются повышение эффективности управления заказами (до 90–95% и выше), сокращение объемов незавершенного производства (на 20–30%), сокращение дефицита (до 10%), повышение оборачиваемости запасов продукции на 50% [196].

з) Принципы импортозамещения [122]:

- достижение структурных эффектов;
- достижение баланса между устойчивыми темпами развития экономики и задачами технологического суверенитета;
- отраслевая специфика регулирования импортозамещения;
- научно-производственная кооперация во внутренней и внешней среде;
- открытая модель импортозамещения, при которой экспортные потоки отражают глобальную конкурентоспособность;
- ясность и прозрачность реализуемой в стране политики импортозамещения;
- стимулирующие и поддерживающие меры в отношении бизнеса.

и) Принцип разумной достаточности, заключающийся в использовании тех видов сырья и материалов, которые доступны сейчас для поддержания темпов производства, но не являются оптимальным вариантом. Данный принцип

сегодня особенно актуален для российской экономики (например, производители вынуждены выпускать автомобили ограниченной комплектации в силу отсутствия доступа к необходимым современным технологиям).

к) Долгосрочные трудовые отношения, которые положительно сказываются на результатах деятельности предприятия, в частности, посредством содействия накоплению человеческого капитала. Персонал в результате длительного периода занятости на производстве владеет технологиями и культурой, а также ассоциирует себя с данным предприятием, внося значимый вклад в развитие производственной системы [107].

В рамках развития подходов к организации эффективного производства в диссертационном исследовании Н. В. Федорковой сформулированы постулаты конкурентоспособного производства, коррелирующие с концепцией бережливого производства (рисунок 2.2.1). К факторам конкурентоспособного производства автор относит внешнюю среду, организационный потенциал и структуру производства, гибкость и маневренность производственной системы [245]. Кроме того, Н. В. Федоркова затрагивает вопрос интеграции участников цепей поставок, что подтверждает стратегическую значимость адаптации производственных систем к задачам локализации посредством координированного управления отдельными звеньями технологической цепи.



Рисунок 2.2.1 – Постулаты организации конкурентоспособного производства на основе проектов обеспечения технологической локализации (построено на основе [245])

В исследовании А. В. Павловой в контексте модернизации производства фундаментальные принципы организации производства дополнены принципами сочетания управленческих изменений и надежности производственного процесса, соответствия состояния рабочих мест и компетентности новым технологиям, и соразмерности накопления амортизационных фондов и ценовой политики, которые автором определены как организационно-технологические. Также автором обоснована взаимосвязь между основными принципами организации производства, организационно-технологическими принципами модернизации производства, принципами эффективности воспроизводства и эксплуатации основных фондов и организационно-экономические принципы модернизации производства [183].

Адаптация принципов организации производства к условиям Индустрии 4.0 представлена и обоснована в научной работе Р. К. Нургалиева. Систематизация принципов, адекватных модели умного предприятия (рисунок 2.2.2), имеет стратегический смысл, заключающийся в повышении инновационности

и эффективности производственной системы, конкурентоспособности выпускаемой промышленной продукции [175].



Рисунок 2.2.2 – Принципы создания умного нефтехимического предприятия [175]

Неотъемлемым направлением развития современных производств является устойчивое развитие, в частности, экологический аспект организации производственных процессов. В научной статье Т. В. Малышевой и А. И. Шинкевича затронута тематика экологических производств, в рамках которой авторы систематизировали принципы (7Р) таких производственных систем: системность, комплексность, адаптируемость (к изменениям во внутренней и внешней среде), прозрачность (преобразований для персонала и контрагентов), экономичность (ресурсов), реализуемость и совершенствование (в том числе, ресурсосбережение) [155].

В исследовании НИУ ВШЭ «Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра» изложены потенциальные направления развития промышленности, дифференцированные по специфике производства: для машино-

строительных производственных систем перспективной видится мобилизационная активизация НИОКР, для электроники – релокация в цепи дружественных стран, для автомобилестроительной отрасли – переход на поколения технологий «-1» или «-2» (использование упрощенных продуктов-заменителей) [122]. При этом отсутствует высокая потребность в производственных мощностях во всех отмеченных производственных системах.

2) Интегративные принципы.

Интегрированное взаимодействие предприятий является способом повышения конкурентоспособности и адаптивности производственных систем к новым условиям хозяйствования. Механизм управления таким взаимодействием подчиняется ряду принципов, которые мы именуем как сетевые. В связи с этим предлагается рассматривать следующие основополагающие положения интеграции в условиях обеспечения технологической локализации производства и Индустрии 4.0.

- открытость – доверие, обмен критически важной с точки зрения интеграции информацией в целях фокусирования на достижении единой цели – повышения качества продукции, обеспечения технологической локализации производства, локализации производства на территории страны;

- кооперация – объединение усилий, ресурсов, компетенций, инфраструктуры на определенном продуктовом сегменте;

- коммуникация – организация эффективных каналов обмена информацией, необходимой для повышения качества выпускаемой продукции. При этом актуальной проблемой является обеспечение кибербезопасности – защиты каналов коммуникации от внешних вмешательств и атак. Как следствие, принцип коммуникации коррелирует с принципом защиты информации;

- унификация – ключевой принцип организации производства при интеграции промышленных систем. Объектом унификации могут служить системы электронного документооборота, ERP-, SCM-, PDM-, PLM-, MES-системы. Таким образом возможно обеспечить гибкость интеграции самостоятельных звеньев технологической цепи;

– единство целей, т.е. каждый участник интегрированной структуры развивает систему организации производства на своем участке ответственности, осуществляя вклад в достижение единой цели – повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции;

– совместное решение проблем – такой подход позволяет общими усилиями гибко реагировать на внешние возмущения (санкции, перестройка цепей поставок сырья, комплектующих), поддерживая тем самым устойчивое положение в промышленности;

– поддержание баланса между загруженностью производственных мощностей интегрирующих предприятий [236];

– четкая идентификация функций участников интеграции в разрезе этапов жизненного цикла изделия;

– системная инженерия – подход к управлению сложными техническими системами, это комплексная категория, агрегирующая системный, интеграционный подход жизненного цикла, управленческий подходы. Для высокотехнологичной продукции данный принцип является одним из ключевых, поскольку рассматривает производство как систему, функционирующую в условиях изменчивости составных элементов. Основопологающим положением является фокус на обеспечение баланса между потребностями пользователя и организации производства на протяжении всего жизненного цикла изделия, что в результате позволяет разработать и вывести на рынок качественный, удовлетворяющий потребностям и интересам пользователя продукт. Сегодня действующим стандартом, регламентирующим порядок управления жизненным циклом систем, созданных человеком, и процессов взаимодействия между звеньями цепи поставок на протяжении жизненного цикла системы, является ГОСТ Р 57193-2016 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [68]. Исследованию системной инженерии особое внимание уделено такими учеными, как Б. Боэм [278], Д. Хитчинс [289], В. К. Батоврин [20], А. И. Костогрызов и А. А. Нистратов [142], А. Д. Шадрин [258] и другими авторами. В научной работе Н. Г. Бунькова, А. Ю. Баданова и Р. А. Рызванова обоснован

переход отечественной авиационной промышленности от CALS-технологий к системной инженерии [32]. На фоне цифровизации производственных систем наблюдается переход к модели ориентированной системной инженерии, принципиальное отличие которой заключается в применении компьютерных моделей на всех стадиях жизненного цикла наукоемкого изделия [269];

– принцип конвергенции, который можно рассматривать с разных позиций: с одной стороны, это схождение производственных систем по критериям производительности, качества, эффективности как результат навёрстывания технологического потенциала до уровня технологически передовых производств (в рамках интегрированного взаимодействия); с другой стороны, также имеет место технологическая конвергенция – сближение, взаимопроникновение, объединений технологий в новые решения. Подходы к исследованию технологической конвергенции нашли отражение в трудах Э.А.Гасанова. Автором выявлены закономерности развития кластерных форм взаимодействия в эпоху технологической конвергенции, в частности, сформулированы выводы о преобладающей эффективности кластеров в контексте диффузии конвергентных технологий сравнительно с вертикально интегрированными структурами и большим синергетическом эффекте, обусловленном вовлечением низкотехнологичных производств в процесс модернизации [46]. В научной статье М. В. Шинкевич, Р. П. Якуниной и А. А. Лубниной исследована специфика отраслевой конвергенции, ключевой характеристикой которой является сближение отраслей в результате объединения знаний, компетенций, технологий и «формирование нового межотраслевого сегмента» [265, с. 60];

– принцип многомодельности, заключающийся в гибком подходе к организации интегрированного взаимодействия предприятий – кооперация вокруг крупного производства, вокруг нескольких промышленных центров, на основе равноправного функционирования и развития [172]. В условиях обеспечения технологической локализации производства выбор модели интегрированного взаимодействия оценивается по критериям доли отечественной продукции, валовой добавленной стоимости;

- принцип соблюдения критической массы интегрированной структуры
- мониторинг мощности, синергии и эффекта масштаба с целью недопущения отрицательной отдачи производственных мощностей [172];

- принцип формирования единой цифровой платформы на основе специализированного программного обеспечения, цифровых технологий, сети Интернет и Интранет (данная сеть имеет внутренний частный характер, позволяет повысить эффективность коммуникаций внутри интегрированной структуры), что в результате позволяет агрегировать максимум информации о производственном и вспомогательных процессах в облачном хранилище [229]. Ученые Л. В. Ташенова и А. В. Бабкин на примере системообразующих инновационно-активных промышленных кластеров представили концепцию такой цифровой платформы (рисунок 2.2.3).



Рисунок 2.2.3 – Структура цифровой платформы взаимодействия в рамках кластера [229]

Обобщая вышесказанное, уместно резюмировать многоуровневый и многоаспектный перечень постулатов производственного менеджмента интегрированной системы, совокупный учет которых сводится к наращиванию производственной мощности российских производств и их способности обеспечить внутренние потребности отечественными товарно-сырьевыми и информационными потоками.

Рассмотренные выше положения систематизированы в виде набора принципов производственного менеджмента, адекватного современным условиям функционирования промышленных предприятий – ограничения поставок критически важных видов сырья и продукции (в том числе, машин и оборудования), сокращения расходов на оплату труда, нестабильности системы расчетов с зарубежными контрагентами (рисунок 2.2.4).

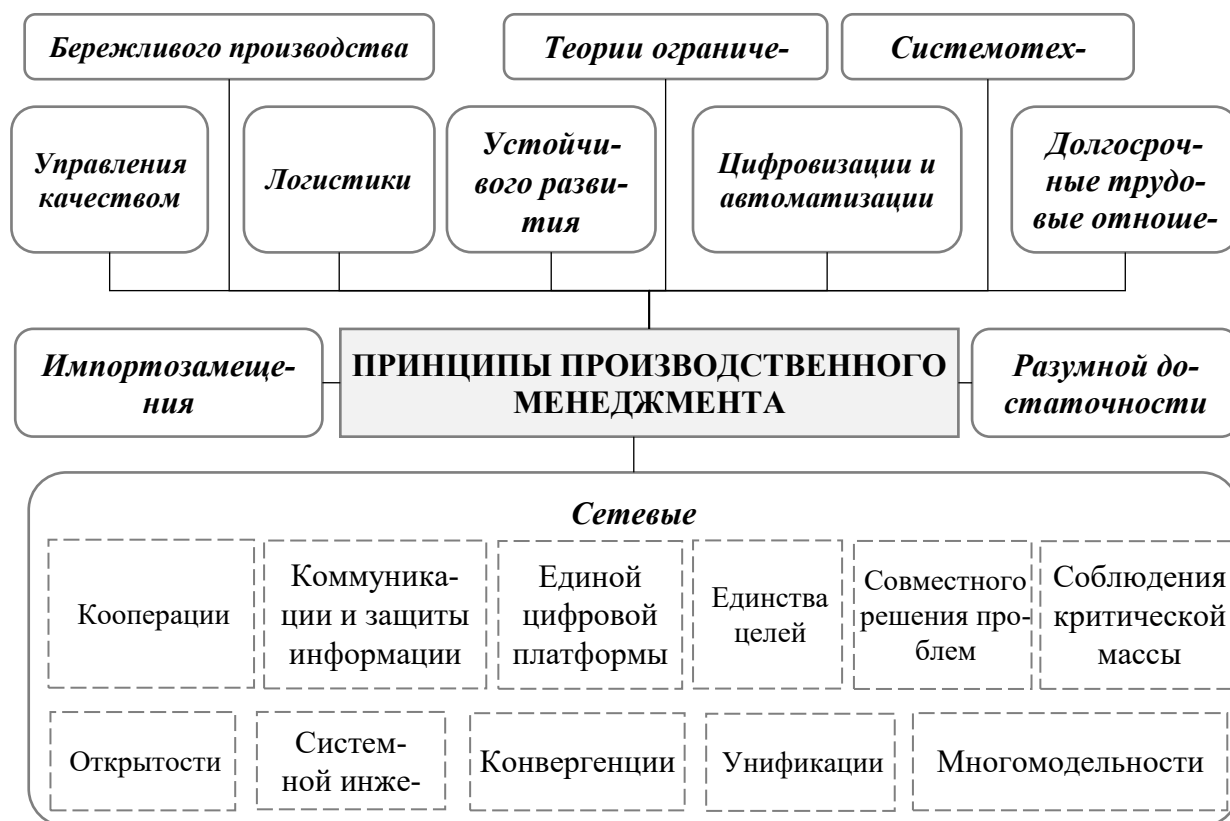


Рисунок 2.2.4 – Систематизированный набор принципов производственного менеджмента в контексте интеграции предприятий и обеспечения технологического суверенитета (составлено автором)

На основании представленных постулатов и комплекса принципов производственного менеджмента сформулирован единый фундаментальный принцип, объединяющий идеологию бережливого производства и современные цифровые технологии межотраслевой интеграции, – принцип конвергентной цифровой координации ценностно-ориентированного межотраслевого взаимодействия. Данный принцип постулирует, что достижение технологического суве-

ренитета (технологической устойчивости, технологической локализации) возможно только через создание единой цифровой экосистемы, где цели различных смежных отраслей синхронизированы вокруг процесса создания ценности для конечного потребителя на основе общих стандартов и открытости.

Реализация данного принципа обеспечивается соблюдением базовых правил:

- правило ценностной синхронизации;
- правило платформенного единства и открытости;
- правило технологической конвергенции и унификации;
- правило коллективной ответственности.

Обоснованность предложенного принципа подтверждается его фундаментальностью, емкостью, достаточностью и понятностью. Фундаментальность обеспечивается базированием на апробированных мировых концепциях: бережливом производстве, теории ограничений и системотехнике, которые не подменяются, а интегрируются в новую реальность. Емкость проявляется в охвате всех аспектов: от идеологии (создание ценности) и управления до технологий (цифровая платформа) и межотраслевого взаимодействия. Достаточность выражается в том, что сформулированный набор правил закрывает все критические разрывы – информационный (через платформу), технологический (через унификацию) и управленческий (через единство целей), причем большего для запуска системы не требуется, а меньшего будет недостаточно. Понятность обусловлена интуитивной ясностью логики «Ценность – Платформа – Единый стандарт – Партнерство» для руководителей любого уровня и простотой трансляции в регламенты.

Научная новизна предложенного принципа заключается в переходе от классической модели «линейной цепи поставок» к модели «конвергентной сети». В отличие от традиционного подхода, где каждая отрасль функционирует в рамках собственных стандартов, разработанный принцип предполагает цифровую координацию, при которой информационное поле становится пер-

вичным по отношению к физическому производству. Новизна также подтверждается интеграцией постулатов технологической локализации непосредственно в тело производственного менеджмента, что трансформирует локализацию из «административной задачи» в естественный результат функционирования высокоэффективной цифровой сети, где межотраслевые барьеры нивелируются за счет платформенной конвергенции.

Проведённая систематизация показала, что базовые и интегративные принципы производственного менеджмента, взятые по отдельности, недостаточны для реализации проектов технологической локализации в цепях поставок. Это потребовало формулирования единого принципа конвергентной цифровой координации ценностно-ориентированного межотраслевого взаимодействия, который объединяет идеологию бережливого производства, цифровые технологии и межотраслевую интеграцию. Сущность принципа – в переходе от линейной цепи поставок к конвергентной сети, где информационная платформа первична, а локализация становится естественным результатом скоординированного взаимодействия. Четыре правила принципа (ценностная синхронизация, платформенное единство, технологическая конвергенция, коллективная ответственность) задают основу для последующей разработки методического и организационно-экономического инструментария диссертации.

2.3 Формирование сетевого взаимодействия при управлении процессами технологической локализации машиностроительного производства

Нынешний этап развития машиностроительного комплекса характеризуется возрастанием наукоемкости. Кроме того, повышается значимость и актуальность такого важного элемента в среде взаимодействия машиностроительных предприятий, как уровень сложности, что обуславливается нарастанием кооперационных связей не только внутри отрасли, но и в смежных, межсекторальных областях, одной из которых является среда высших учебных заведений, выступающая, с одной стороны, как поставщик интеллектуальных активов в

машиностроительный комплекс – кадров разного уровня для обеспечения производства требуемыми человеческими ресурсами, обладающих определенным набором знаний и компетенций; с другой стороны, – как генератор знаний и инноваций для инновационного развития отрасли в целом, а также ее отдельных предприятий и их цепочек поставок.

Обеспечение высокого уровня качества процессов производства и надежности функционирования машиностроительных предприятий является актуальной и значимой проблемой с научной и технической точек зрения. Современные условия ведения производственно-хозяйственной деятельности характеризуются нарастанием экономической напряженности, необходимостью сохранения промышленной безопасности и обеспечением технологического суверенитета. Стратегическая линия решения данных вопросов требует дальнейшего развития научных основ повышения эффективности процессов производства, улучшения их качества, внедрения перспективных технологий проектирования и управления производством машиностроительной продукции на всех этапах ее жизненного цикла с использованием внутреннего потенциала отрасли не только силами и средствами машиностроительного комплекса, но и в сетях, формирующихся на его базе, включая высшие учебные заведения и другие промышленные предприятия.

Основу управления качеством процессов производства продукции в сети «университет – предприятия машиностроения» для обеспечения технологического суверенитета отрасли составляет государственный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования [58]. Его ключевым ядром к управлению качеством производства на отдельных предприятиях, а также в сети составляет процессный подход к управлению.

Ко всем процессам управления целесообразно применять цикл Шухарта-Деминга «Plan – Do – Check – Act» (PDCA), который включает следующие элементы, взаимосвязанные друг с другом:

- планирование (plan) – разработка целей и процессов, которые необходимы для достижения конечного результата;

- выполнение (do) – внедрение процессов в производство и управление;
- контроль (check) – непрерывный мониторинг и контроль процессов производства и качества продукции на предмет оценки достижения результата;
- действие (act) – система непрерывного улучшения и постоянного совершенствования.

В условиях повышения значимости кооперационных связей промышленных предприятий с учреждениями образования и науки растет актуальность управления качеством сетей. Формирование сетей машиностроительных предприятий и высших учебных заведений имеет ряд стратегически значимых организационных, экономических и технико-технологических целей, направленных на поддержание технологической локализации производства, конкурентоспособности и эффективности машиностроительного комплекса. Среди них следует особо выделить следующие:

- развитие серии кооперационных связей и партнерских отношений науки и производства;
- укрепление позиций отечественных машиностроительных предприятий при формировании заказа на определенные научные исследования и разработки, реализацию инновационных проектов полного жизненного цикла, проведение инжиниринговых и проектно-изыскательных работ;
- развитие фундаментальной научно-исследовательской базы в приоритетных областях исследований и технологий в сфере машиностроения;
- организация системы мероприятий по кадровому обеспечению машиностроительного комплекса, в том числе профессиональная переподготовка, повышение квалификации кадрового состава машиностроительных предприятий.

Ключевой целью формирования сетей научно-образовательных организаций и машиностроительных предприятий является объединение данных организационных структур в целях повышения эффективности организации процессов проектирования и выпуска конкурентоспособной машиностроительной продукции в современных макроэкономических реалиях, ориентируясь на сохранение и преумножение уровня технологической локализации производства.

Тематически данная сеть ориентирована на организационно-технологические аспекты машиностроительного производства.

Среди основных задач сети научно-образовательных учреждений и предприятий машиностроения наиболее стратегически значимыми являются следующие:

- повышение качества «жестких» и «мягких» компетенций кадров в сфере машиностроения;
- формирование каналов движения информационных и материальных потоков, связанных с обеспечением производственных процессов наукоемкими технологиями, инновационными проектами, проектами ресурсосбережения и ресурсоэффективности, которые обеспечивают сквозную интеграцию потоков создания стоимости на всех этапах жизненного цикла продукции машиностроительной отрасли;
- научно-техническая, инжиниринговая и кадровая поддержка в адаптации к переходу на выпуск импортозамещающей продукции в машиностроительном комплексе, диверсификацию производства и рост его конкурентоспособности;
- подготовка кадров для машиностроительной отрасли.

В вопросах управления сетью научно-образовательных учреждений и предприятий машиностроительной отрасли повышение эффективности их взаимодействия рассматривается в терминах процессного подхода, ведущего к повышению качества управления.

Рост конкурентоспособности продукции машиностроительной отрасли, повышение ее наукоемкости, обеспечение технологической локализации – это неотъемлемые элементы постоянного, непрерывного процесса повышения качества управления производством в рамках сети. Взаимосвязь процесса постоянного улучшения с другими процессами в системе менеджмента качества сети можно изобразить в виде схемы, основными элементами которой являются [238]:

- внутренние аудиты;

- политика и цели в области качества;
- анализ данных;
- анализ со стороны руководства;
- превентивные мероприятия по снижению рисков;
- управление ресурсным обеспечением процессов производства;
- уровень удовлетворенности потребителей;
- мониторинг процесса производства продукции;
- мониторинг выпускаемой продукции.

Кроме того, следует указать, что государственный стандарт в области качества устанавливает к системе обеспечения качества производственного процесса широкий круг требований, среди которых: идентификация потребностей заинтересованного круга субъектов хозяйствования (в том числе поставщиков, подрядчиков, потребителей и др.) и их удовлетворение; клиентоориентированный подход; тип организационной структуры управления, распределение обязанностей и ответственности между функциональными подразделениями; инфраструктура; компетенции кадрового состава; документооборот, информационный обмен, формирование и ведение банков данных; используемые методы производства и контроля качества процессов производства и выпускаемой продукции; средства контроля качества; методы менеджмента качества (административные, социально-психологические, технологические, статистические, экономические) [156,159,192,194].

Качество производственного процесса является одним из важнейших факторов, обеспечивающих конкурентоспособность предприятия и достижение технологической локализации производства. В рамках системы менеджмента качества промышленное предприятие или сеть выполняют набор действий, целью которых является достижение соответствия состояний процессов и продукции требованиям государственных и международных стандартов, включая качество сырья, технологического процесса, оборудования, рецептур, труда, транспортировки и хранения и т.п. (рисунок 2.3.1).



Рисунок 2.3.1 – Элементы качества производственного процесса и выпускаемой продукции (обобщено автором)

Система менеджмента качества распространяется на все этапы жизненного цикла выпускаемой продукции машиностроительного предприятия. Так, к процессу производства причисляются такие фазы жизненного цикла продукции, как:

- разработка продукта и создание его опытного образца;
- подготовка к процессу производства;
- материально-техническое снабжение, заготовительные работы, тестирование;
- производство продукции;
- проведение испытательных работ и контрольных операций;

– упаковывание и обеспечение хранения.

Каждая из указанных фаз жизненного цикла производства продукции вносит вклад в обеспечение требуемого уровня качества выпускаемой продукции на машиностроительных предприятиях.

На данный момент наиболее общепризнанной и доказавшей свою эффективность является модель всеобщего управления качеством процессов и выпускаемой продукции – TQM (Total Quality Management). Цель данной модели состоит в достижении конкурентоспособности промышленного предприятия посредством наиболее полного удовлетворения потребностей заинтересованных субъектов (потребители, поставщики, подрядчики и др.) с высокой ресурсоэффективностью. Важнейшими составляющими модели TQM выступают следующие ее элементы:

- заинтересованность топ-менеджмента предприятия в обеспечении достижения целей в области качества процессов и продукции;
- клиентоцентричность;
- вовлеченность сотрудников в достижение общей цели в реализации политики в области качества;
- оптимизация процессов;
- система непрерывного совершенствования и улучшений;
- аналитический подход к анализу процессов;
- использование достижений индустрии 4.0 в управлении качеством процессов и продукции – автоматизация и цифровизация производства и управления.

Система менеджмента качества – это не только подход к организации процессов планирования, планирования, мониторинга и контроля качества выпускаемой продукции промышленного предприятия, но и модель управления производством в целом. Одной из востребованных концепций сертификации системы менеджмента качества является разработанная и утвержденная в 1992г. модель Европейского фонда управления качеством – EFQM, позволяющая промышленным предприятиям совершенствовать процессы производства

выпускаемой промышленной продукции. Данная модель описывает общую методологию управления качеством производства и продукции с использованием инструментов бережливого производства, системы сбалансированных показателей и др. В ее основе лежит систематический аудит оценки процессов производства и выпускаемой продукции, включая каталоги критериев и системы оценки, позволяющих сделать заключение о прогрессе или регрессе в управлении производством промышленной продукции. Использование данной модели позволяет выявить потенциал промышленного предприятия, драйверы и ингибиторы для его развития, дает возможность проектировать причинно-следственные цепи.

Следует так же упомянуть, что модель совершенства EFQM, лежащая в основе Европейской премии по качеству, составляет базис премии Правительства РФ в области качества, учрежденной в 1996 г. и являющейся высшей наградой при оценке делового совершенства, качества производимой продукции, процессов организации, оказываемых услуг.

Таким образом, управление качеством процессов производства и выпускаемой продукции представляет собой управление набором системных характеристик промышленного предприятия. При этом объектами управления могут быть темпы роста производства, конкурентоспособность, наукоемкость, ресурсоэффективность, инновационный потенциал, стратегия промышленного развития и т.п. В процессе функционирования промышленного предприятия данные системные характеристики подвержены изменениям под влиянием как внутренних факторов, так и внешних. В этой связи принципиально важным видится проведение анализа качества производственных процессов и выпускаемой продукции с позиции жизненного цикла предприятия и жизненного цикла выпускаемой им продукции, что позволяет анализировать динамику изменения системных характеристик и принимать адекватные управленческие решения по вопросам организации и управления производством.

Среди других примеров моделей управления качеством процессов производства и выпускаемой продукции в сети машиностроительной отрасли следует

назвать модель – быстрое реагирование, которая предполагает качество реагирования по обратной связи на запросы со стороны потребителей в рамках цепочек поставок промышленной продукции. Быстрое реагирование – это метод, позволяющий производителям проводить анализ потребностей в комплектующих и готовой продукции на складах, сборочных линиях в режиме реального времени, чтобы в случае необходимости перестроить процессы поточного производства [156,215,226,266].

Однако ввиду высокой капиталоемкости машиностроительной отрасли данная модель имеет ряд ограничений:

- волатильность рынка комплектующих машиностроительной продукции;
- действие санкций, что ставит в необходимость создание более высоких объемов запасов комплектующих;
- формирование «эффекта хлыста»;
- потребность в резервных запасах времени;
- слабая проработка механизмов учета сокращения временного ресурса с другими видами ресурсов на промышленном предприятии;
- недостаточность использования рычагов воздействия для оптимизации производственных процессов и организации их непрерывного мониторинга.

Традиционное машиностроение часто «заточено» под технологии, а не под нужды конечного пользователя. Построение цепи, во главе которой стоит потребитель, кардинально меняет ситуацию (рисунок 2.3.2):

- оборудование проектируется с учетом реальных «болей» и потребностей эксплуатации, которые собирают сервисные инженеры;
- сквозная прослеживаемость – от слитка металла до конкретного станка на заводе у клиента можно отследить все компоненты, что критично для качества и гарантии;

– предсказательное обслуживание – данные с работающего оборудования (через IoT) поступают от потребителя через сервисные центры обратно к производителю, что позволяет предсказывать поломки и предотвращать простои у клиента;

– ускорение инноваций – обратная связь от рынка напрямую поступает в НИИ и КБ, позволяя быстрее совершенствовать следующие модели и разрабатывать именно те функции, за которые клиент готов платить.

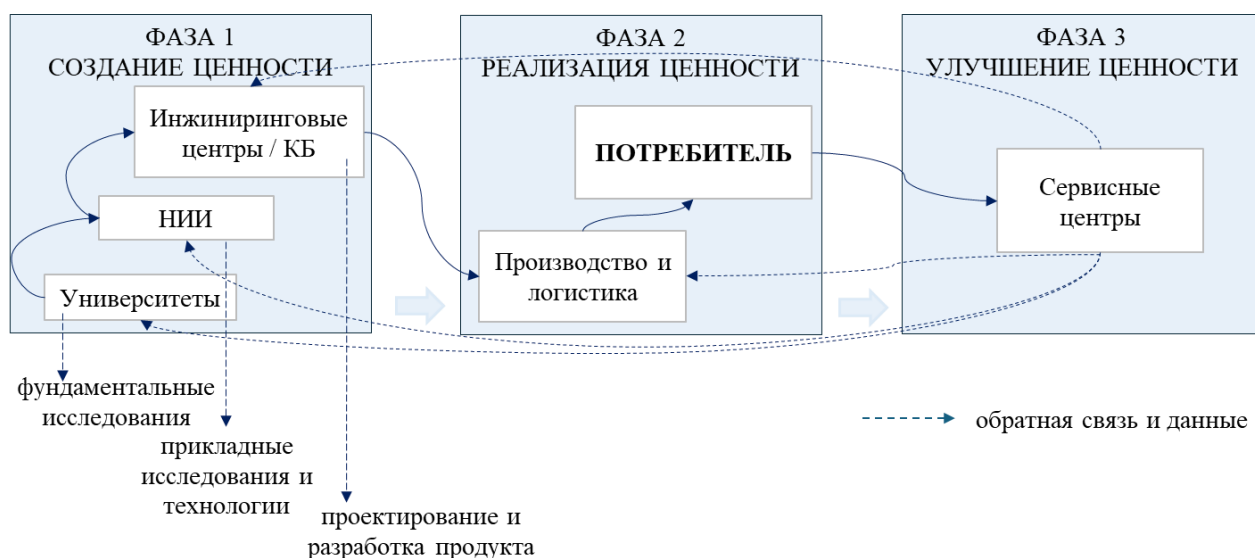


Рисунок 2.3.2 – Конфигурация потребитель-ориентированной цепи поставок с замкнутыми контурами обратной связи (построена автором)

Представленная на рисунке 2.3.2 модель потребитель-ориентированной цепи поставок принципиально отличается от традиционной «толкающей» модели, где производство диктует условия потребителю. В классическом машиностроении цепь поставок выстраивается от поставщика сырья к производителю, а затем – к потребителю, причём обратные связи либо отсутствуют, либо носят формальный характер. Такая конфигурация порождает ряд системных проблем: накопление невостребованных запасов, несоответствие характеристик продукции реальным эксплуатационным потребностям, длительный цикл внесения изменений в конструкторскую документацию.

Потребитель-ориентированная, напротив, переворачивает логику: точкой запуска всех процессов становится запрос или эксплуатационная проблема конечного пользователя. Именно потребитель задаёт требования к функциональности, надёжности, сервисному сопровождению и даже к составу компонентов. Производитель и поставщики более низких уровней (Tier 1, Tier 2, Tier N) выступают как интегрированная система, способная гибко реагировать на этот запрос. Ключевое отличие такой цепи – наличие замкнутых контуров обратной связи, через которые данные от эксплуатирующего персонала, сервисных центров и IoT-датчиков возвращаются к разработчикам и производителям. Это превращает разовую поставку оборудования в длящийся процесс совместного создания ценности, где потребитель становится не конечным звеном, а равноправным участником всей цепочки.

Для реализации такой модели требуется детализация функциональных ролей каждого элемента потребитель-ориентированной цепи поставок, что представлено в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 детализирует функциональные роли участников потребитель-ориентированной цепи поставок, однако управление качеством в такой цепи не сводится к сумме индивидуальных функций. Ключевым требованием становится интеграция – согласованное функционирование всех элементов (от университета до сервисного центра) в рамках единой системы менеджмента. Интеграция предполагает:

- единое понимание целей качества на всех уровнях цепи;
- сквозные процессы контроля, охватывающие стадии жизненного цикла;
- унифицированные модели оценки и результирующие индикаторы, позволяющие сопоставлять вклад каждого участника в итоговое качество продукции.

Учитывая, что в условиях технологической локализации цепь поставок машиностроительной продукции включает разнородные звенья (от литейных

заводов до инжиниринговых центров), формализация основных элементов интегрированной системы менеджмента приобретает особую значимость.

Таблица 2.3.1 – Роль элементов в потребитель-ориентированной цепи поставок (составлено автором)

Элемент цепи	Ключевая роль в потребитель-ориентированной цепи	Конкретные задачи и вклад в ценность для потребителя
Потребитель	Исходная и конечная точка всей цепи. Активный участник процесса создания ценности.	Формирование потребностей и запросов. Участие в опросах, фокус-группах, бета-тестировании прототипов. Предоставление обратной связи на всех этапах жизненного цикла продукта. Создание данных об использовании продукта (через IoT, отзывы, сервисные обращения).
Университеты	Источник кадров и прорывных идей, не ограниченных сиюминутными рыночными задачами.	Подготовка кадров: подготовка инженеров, ученых, Data Scientist-ов, менеджеров с современными знаниями. Фундаментальные исследования: генерация новых научных знаний, которые закладывают основу для технологий будущего. Создание стартапов: коммерциализация научных разработок через малые инновационные предприятия.
НИИ	Превращение фундаментальных открытий в прикладные решения и работающие прототипы.	Прикладные НИОКР: решение конкретных технологических задач, сформулированных на основе запросов рынка и КБ. Разработка "ноу-хау": создание новых материалов, алгоритмов, компонентов, методов измерений. Валидация и испытания: лабораторные испытания гипотез и прототипов на жизнеспособность. Глубокая экспертиза: предоставление консультаций и научной поддержки на всех этапах.
Конструкторские бюро (КБ) / Инжиниринговые центры	Превращение технологий в готовый для производства и удобный для потребителя продукт.	Конструкторская разработка: создание чертежей, технической и эксплуатационной документации. Проектирование интерфейса, эргономики и дизайна, ориентированного на удобство пользователя. Технологическая подготовка: разработка процессов для серийного производства. Создание опытных образцов: сборка и отладка работающих прототипов для тестирования.
Производство и Логистика	Обеспечение доступности качественного продукта в нужном месте и в нужное время.	Гибкое производство: способность быстро перенастраиваться под изменяющийся спрос и кастомизацию. Контроль качества: гарантия соответствия продукта заявленным характеристикам и ожиданиям потребителя. Эффективная логистика: организация прозрачной и быстрой цепочки доставки, включая "последнюю милю".
Сервисные центры	Ключевой канал обратной связи и партнер потребителя.	Послепродажная поддержка: ремонт, техническое обслуживание, консультации. Сбор "боли" потребителя: структурированная фиксация всех неисправностей, жалоб и пожеланий. Анализ данных с продукта: мониторинг работы устройств (через IoT), прогнозирование сбоев. Предоставление обратной связи в R&D: передача собранных инсайтов в КБ и НИИ для модернизации следующих версий продукта.

Такая формализация представлена в таблице 2.3.2, где систематизированы субъекты и объекты управления, стадии жизненного цикла, потоки процессов, модели оценки и эффекты сетевого взаимодействия.

Таблица 2.3.2 – Основные элементы интегрированной системы менеджмента в цепях поставок в машиностроительной отрасли (составлено автором)

Элемент управления качеством процесса производства в сети	Характеристики элементов
Субъекты управления	Центр управления цепями поставок: машиностроительное предприятие сети (ядро сети), ВУЗ, научно-исследовательские организации, подрядчики, поставщики, инжиниринговые центры.
Объекты управления стратегического уровня	Темпы роста производства, конкурентоспособность, наукоемкость, ресурсоэффективность, инновационный потенциал, стратегия промышленного развития.
Объекты управления операционного уровня	Сырье, технология, инструменты, оборудование, логистика, рецептура, труд, система мониторинга.
Стадии жизненного цикла продукции	Проектирование и производственный дизайн; разработка продукта и создание его опытного образца; подготовка к процессу производства; материально-техническое снабжение, заготовительные работы, тестирование; производство продукции; проведение испытательных работ и контрольных операций; упаковка и обеспечение хранения; использование и утилизация (рециклинг).
Потоки процессов производства	Материальные (сырье, материалы, объекты интеллектуальной деятельности); информационные (заказы, результаты НИОКР); финансовые (оплата результатов НИОКР, расчеты с поставщиками и подрядчиками).
Модели оценки системы менеджмента качества	Модель всеобщего управления качеством процессов и выпускаемой продукции – TQM; модель быстрого реагирования (QR); локальные показатели системы менеджмента качества; система сбалансированных показателей; ключевые показатели эффективности производства.
Результирующие индикаторы системы менеджмента качества	Рост добавленной стоимости; рост наукоемкости и технологичности производства; усиление кооперационных связей науки и производства; повышение уровня технологического суверенитета отрасли за счет усиления кооперационных связей.
Эффекты сетевого взаимодействия	Интегрированная поддержка производства на всех этапах жизненного цикла; научно-технологическое и кадровое обеспечение производства; сокращение транзакционных издержек; повышение гибкости процессов проектирования и выпуска новых наукоемких и высокотехнологичных изделий.

Структурирование элементов управления качеством процесса производства в сети в отрасли машиностроения позволило представить межотраслевую модель системы управления качеством, использование которой позволяет получать такие сетевые эффекты, как достижение интегрированной поддержки производства на всех этапах жизненного цикла; научно-технологическое и кадровое обеспечение производства; сокращение транзакционных издержек, связанных с поиском партнеров для реализации определенных процессов, в т.ч. снабжения, проведение научно-исследовательских работ, подбор кадров и т.п.; повышение гибкости процессов проектирования и выпуска новых наукоемких и высокотехнологичных изделий, что дает возможность повысить уровень технологического суверенитета отрасли за счет усиления кооперационных связей (рисунок 2.3.3).



Рисунок 2.3.3 – Межотраслевая модель системы менеджмента качества в сети
 (разработано автором)

На основе представленного материала спроектируем модель конвергентного цифрового двойника цепи поставок (КЦДЦП) (рисунок 2.3.4), представляющую собой интегративную архитектуру единого информационного пространства (PLM/EIP), обеспечивающую сквозное управление жизненным циклом продукции в межотраслевой экосистеме. Модель объединяет проектно-инжиниринговую подсистему, научно-технические институты, испытательные центры, отраслевые производства и поставщиков различных уровней, а также институциональные механизмы (стандарты, нормативы, соглашения). Основная цель модели – синхронизация процессов НИОКР, проектирования, производства и эксплуатации для повышения технологической конкурентоспособности и уровня локализации высокотехнологичных изделий.

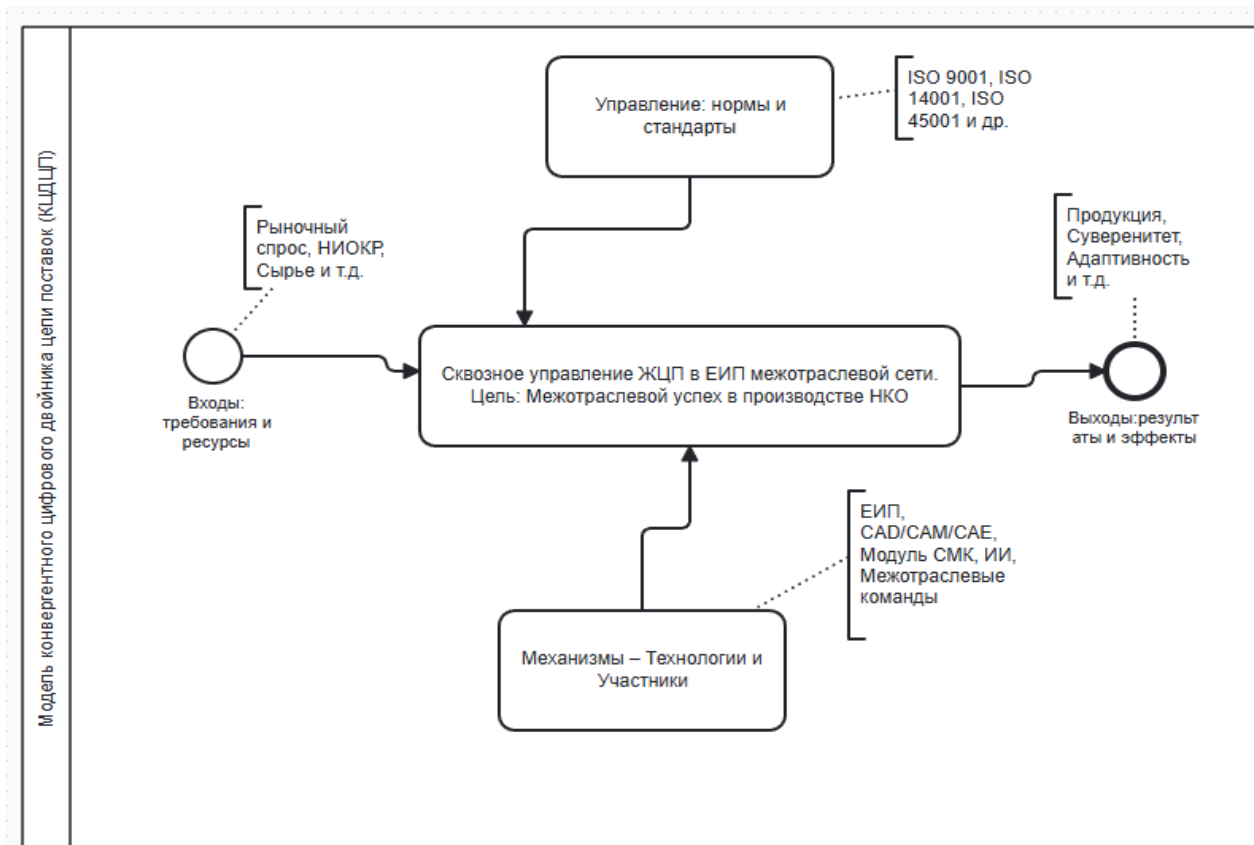


Рисунок 2.3.4 – Модель конвергентного цифрового двойника цепи поставок (КЦДЦП) (разработано автором)

Центральным элементом модели выступает процесс сквозного управления жизненным циклом продукта в едином информационном пространстве межотраслевой сети. Вокруг этого ядра группируются четыре категории элементов: входы (рыночный спрос, техническое задание заказчика, научно-технический задел, государственные программы локализации, сырье и комплектующие); управление (межотраслевые стандарты качества, нормативные требования локализации, соглашения о сотрудничестве, принципы интегрированной системы менеджмента); механизмы (единая цифровая платформа PDM/PLM/ERP/SCM, CAD/CAM/CAE-системы, программный модуль СМК, предиктивная аналитика и искусственный интеллект, межотраслевые команды); выходы (локализованная высокотехнологичная продукция, технологический суверенитет, опережающая адаптивность цепи поставок, снижение стоимости качества и времени вывода на рынок, усиление кооперационных связей, интегрированные кадры). Целевым результатом функционирования модели является межотраслевой успех в производстве наукоемкой продукции.

Отличие предлагаемой модели от существующих подходов заключается в трех ключевых аспектах. Во-первых, осуществляется переход от цифрового двойника отдельного предприятия к конвергентному цифровому двойнику цепи поставок, где информация о продукте и процессах синхронизируется в реальном времени между юридически независимыми организациями через единое информационное пространство. Во-вторых, система менеджмента качества интегрируется в контур управления как активный программный модуль, делая инструменты качества (FMEA, SPC) исполнимой частью цифровой инфраструктуры, а не просто документально оформленными инструкциями. В-третьих, через предиктивную аналитику и интеллектуальный контроль реализуется проактивное выявление потенциальных проблем на любом этапе у любого участника цепи до того, как они приведут к браку на последующих этапах.

Модель позволяет реализовать способы управления, ранее не применявшиеся комплексно: формирование виртуальных НИОКР-коопераций, где вузы,

НИИ и предприятия работают как единый конструкторско-технологический департамент в едином цифровом пространстве; сквозную прослеживаемость и предиктивное управление качеством через цифровые паспорта изделий и непрерывный анализ данных с производственных линий всех поставщиков; адаптивное управление цепями поставок в условиях неопределенности, позволяющее динамически перестраивать логистические маршруты и производственные планы с учетом требований качества и нормативных ограничений.

Реализация модели обеспечивает технологическую устойчивость и повышение доли локализации за счет координированной работы поставщиков и НИОКР, снижение операционных рисков и логистической уязвимости посредством прозрачных цепочек поставок, ускорение вывода продуктов на рынок благодаря ранней верификации в цифровой среде, улучшение качества продукции за счет единой системы контроля и быстрой обратной связи с эксплуатацией.

Оценка эффективности осуществляется по следующим ключевым показателям: доля локализованных компонентов по номенклатуре и стоимости; сокращение времени вывода продукта на рынок (Time-to-Market); количество изменений конфигурации, инициированных после передачи в производство; показатель PPM (количество дефектов на миллион) при приемке и в эксплуатации; процент успешных заводских и приемо-сдаточных испытаний (FAT/SAT) с первого прогона; индекс согласованности данных между CAD/PLM и MES/ERP.

Таким образом, предлагаемая модель конвергентного цифрового двойника цепи поставок (КЦДЦП) представляет собой новый подход к организации межотраслевого взаимодействия, где качество перестает быть функцией отдельного предприятия и становится атрибутом всей цифровой экосистемы, обеспечивая технологическую локализацию и опережающую адаптивность производства наукоемкой продукции в условиях ресурсных ограничений.

В рамках диссертационного исследования разработана и теоретически обоснована трехуровневая пирамида управления технологической локализа-

цией, представляющая собой иерархическую структуру распределения управленческих воздействий в машиностроительных цепях поставок. Архитектура модели включает три взаимосвязанных уровня: межотраслевой (стратегический), отраслевой (координационный) и локальный (операционный).

На межотраслевом уровне реализуется стратегическая задача межотраслевой синхронизации промышленных секторов экономики (например, металлургия, химия, электроника) при создании технологически сложной, наукоемкой продукции. Успех локализации здесь определяется эффективностью кросс-отраслевого взаимодействия и согласованностью долгосрочных программ развития различных индустриальных сегментов.

Деятельность на отраслевом уровне направлена на формирование и поддержание устойчивых цепей поставок внутри конкретной отрасли машиностроения. Ключевым инструментом управления здесь выступает отраслевая стандартизация и унификация требований к качеству и технологическим процессам. Это позволяет создать единую нормативно-техническую базу для взаимодействия предприятий-смежников, минимизируя транзакционные издержки и обеспечивая стабильность кооперационных связей.

Базис пирамиды сосредоточен на уровне конкретного промышленного предприятия и его производственных подразделений. Основной целью локального уровня является обеспечение бесперебойности производственного цикла и достижение заданных параметров качества выпускаемой продукции. Управленческие усилия здесь фокусируются на реализации принципов бережливого производства, оперативном контроле качества и технологической дисциплине, что формирует фундамент для успешной реализации общей стратегии локализации.

В приведенной ниже таблице 2.3.3 структурирована информация по трем основным уровням управления – межотраслевому, отраслевому и локальному. Таблица раскрывает цели каждого уровня, механизмы их достижения, а также ключевых участников процесса принятия решений и критерии оценки их эффективности.

Таблица 2.3.3 – Характеристика уровней управления технологической локализацией производства в цепях поставок (предложена автором)

Характеристика	Межотраслевой уровень (Вершина)	Отраслевой уровень (Среднее звено)	Локальный уровень (Основание)
Объект фокуса	Экономика в целом, взаимодействие отраслей (металлургия, химия, электроника)	Конкретная отрасль (компрессоростроение), цепь поставок внутри отрасли	Конкретное предприятие, цех, производственный поток
Главная цель	Синхронизация отраслей для создания сложного продукта (НКО). Достижение технологической локализации производства	Создание устойчивой цепи поставок внутри отрасли на базе единых стандартов.	Обеспечение бесперебойного производства и качества продукции на каждом рабочем месте.
Механизм управления	Стратегическое партнерство и государственное регулирование.	Координация цепей поставок. Интегрированная система менеджмента (ИСМ).	Операционный менеджмент. Сквозное управление процессами (Lean, SPC, QMS).
Инструменты / Методы	Формирование межотраслевых кластеров и консорциумов. Гармонизация национальных стандартов (единый «язык» качества). Сквозное льготное финансирование межотраслевых НИОКР.	Внедрение единых требований ИСМ для всех поставщиков. Отраслевая сертификация и аудит. Создание общих инженеринговых центров и испытательных стендов.	Управление потоками в цикле PDCA. Защита от ошибок (Poka-Yoke). Статистический контроль процессов (SPC). Управление компетенциями персонала.
Субъект принятия решений	Государственные регуляторы, советы директоров крупнейших корпораций.	Головное (фокусное) предприятие, ключевые поставщики, профильные НИИ.	Руководство предприятия, начальники цехов, лидеры процессов.
Ключевые критерии успеха	Технологический суверенитет. Макроэкономический эффект. Импортонезависимость критических узлов.	Совокупная стоимость владения (ТСО). Надежность цепи поставок. Соответствие отраслевым ТУ и стандартам.	Снижение уровня брака. Сокращение производственного цикла (Lead Time). Операционная эффективность. Минимизация локальных рисков.

С межотраслевого уровня спускаются целевые показатели локализации и стандарты ИСМ; с локального уровня вверх поступают данные о фактических технологических возможностях и барьерах (например, если локальный завод не

может обработать сплав, решение о разработке нового метода обработки поднимается на отраслевой или межотраслевой уровень).

Эта иерархия позволяет превратить разрозненные заводы в единую интегрированную систему в цепях поставок, где каждое локальное действие работает на общую цель – технологическую локализацию производства компрессорного оборудования.

Управление цепями поставок на высшем уровне можно определить как «сквозную синхронизацию цепей поставок». Это метод управления, заключающийся в интеграции и синхронизации действий всех участников (поставщиков, производителей, логистов, дистрибьюторов) как единого организма для достижения общей цели. Если традиционное управление фокусируется на контроле отдельных звеньев (закупок, склада, транспорта), то сквозная синхронизация направлена на динамическую балансировку всего материального и информационного потока в режиме реального времени (таблица 2.3.4).

Таким образом, сквозная синхронизация является инструментом трансформации линейной цепи поставок в адаптивную сеть, способную гибко реагировать на вызовы импортозамещения. В модели данная функция локализуется на отраслевом уровне, так как именно здесь фокусное предприятие формирует правила взаимодействия для всей цепочки создания стоимости конечного продукта.

В управлении цепями поставок деление поставщиков на уровни (Tiers) используется для обозначения того, насколько далеко поставщик находится от производителя конечного продукта в производственной цепочке.

Таблица 2.3.4 – Система сквозной синхронизации (интеграции) цепей поставок в производстве насосно-компрессорного оборудования (предложена автором)

Элемент системы	Функция
Архитектура взаимодействия (Принцип «единого механизма»)	
Участники (Исполнители)	Юридически независимые специализированные предприятия (включая металлургические, приборостроительные и транспортно-логистические предприятия), обладающие уникальными технологическими компетенциями и выполняющие специфические функции в общей цели создания ценности.
Интегратор (Координатор)	Головное «фокусное» предприятие или специализированная цифровая платформа, выполняющая функции системного интегратора. Обеспечивает сквозную координацию и согласованность функционирования всех звеньев цепи без прямого вмешательства в их текущую операционно-хозяйственную деятельность.
Единый стандарт	Интегрированная система менеджмента в цепях поставок (ИСМ ЦП) и единая производственная стратегия, определяющие унифицированные нормативно-регламентные требования, стандарты качества и регламенты взаимодействия для всех ассоциированных участников.
Механизмы интеграции (ключевые элементы)	
Сквозная прозрачность	Обеспечение системного интегратора оперативной информацией о производственных ресурсах, складских запасах и технологическом статусе контрагентов нижних уровней (Tier 2, Tier N). Направлена на превентивное обнаружение дестабилизирующих факторов и минимизацию времени реакции на технологические и логистические сбои.
Синхронизация в реальном времени	Автоматизированная динамическая корректировка планов производства и поставок по всей цепочки создания ценности в ответ на колебания спроса конечного заказчика.
Цифровая интеграция	Использование сквозных информационных платформ («информационных башен» / диспетчерских центров) для интеграции разнородных информационных потоков, консолидации данных и интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.
Паритетное партнерство	Переход от жесткого административного доминирования к равноправному межфирменному сотрудничеству. Базируется на принципах солидарного разделения рисков и выгод (в соответствии с методологией стандарта ISO 44001) при обеспечении взаимной выгоды от информационного обмена.
Отраслевая специфика (необходимость для насосно-компрессорного оборудования)	
Длинный производственный цикл	Длительные сроки проектирования и изготовления высокотехнологичного оборудования повышают уязвимость системы снабжения. Внедрение сквозной синхронизации обеспечивает адаптивное управление временными параметрами процессов смежных поставщиков, исключая риски приостановки финишной сборки из-за дефицита отдельных комплектующих элементов.
Межотраслевой разрыв	Преодоление рассинхронизации планирования и операционных циклов предприятий различных отраслей промышленности (в частности, металлургического и машиностроительного секторов). Системный интегратор выступает координирующим звеном, гармонизирующим разрозненные календарно-тематические планы в единый сквозной бизнес-процесс.
Задачи локализации	Замещение импортных компонентов, требующее глубокой технологической и организационной интеграции новых отечественных контрагентов в цепочку создания ценности (включая трансфер стандартов СМК, сквозной информационный обмен и совместную отладку интерфейсов взаимодействия).

Применительно к производству наукоемкого компрессорного оборудования многоуровневая структура цепи поставок и распределение зон ответственности участников определяется в рамках следующей иерархической структуры:

1. Поставщики первого уровня (Tier 1). Данные контрагенты осуществляют непосредственные поставки сложных сборочных узлов, функциональных систем и высокотехнологичных услуг непосредственно на сборочное (фокусное) предприятие (АО «Казанькомпрессормаш»). К поставляемой продукции относятся крупные агрегаты и готовые инженерные системы (в частности, приводные силовые установки, системы автоматического управления (АСУ ТП), мультипликаторы, крупногабаритное корпусное литье). Субъекты уровня Tier 1 характеризуются наивысшей степенью организационно-технологической интеграции с головным предприятием, принимают активное совместное участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах и функционируют в рамках обязательного соответствия регламентам ИСМ ЦП.

2. Поставщики второго уровня (Tier 2). Предприятия данного уровня обеспечивают комплектующими изделиями, материалами и полуфабрикатами поставщиков первого уровня (выступают субподрядчиками для прямых контрагентов фокусного завода). Например, для производства АСУ ТП (уровень Tier 1) требуются контроллеры, соединительные кабели и прецизионные датчики давления, поставляемые заводами уровня Tier 2. Опыт функционирования отечественного машиностроения показывает, что при формальном расположении сборочного производства Tier 1 внутри страны доля импортной составляющей в его закупках может достигать 80%. В этой связи обеспечение реального технологического суверенитета требует глубокой декомпозиции требований ИСМ и сквозного мониторинга качества на уровне Tier 2.

3. Поставщики третьего уровня (Tier 3). Субъекты начального звена цепи создания ценности, обеспечивающие поставки базового сырья, исходных материалов и базовых компонентов. Так, для изготовления высокоточных подшипников или валов (уровень Tier 2) необходимы поставки специальных марок легированной стали от металлургических комбинатов (уровень Tier 3). К данной

категории также относятся производители базовой химической продукции (полимеров) и электронных компонентов (кристаллов полупроводников для датчиков).

Для наглядного представления сквозного межотраслевого взаимодействия рассмотрим декомпозицию цепи поставок на примере производства компрессорного оборудования описывается следующей технологической последовательностью:

Фокусное предприятие: АО «Казанькомпрессормаш» осуществляет финальную сборку, испытания и выпуск готового компрессорного агрегата;

Уровень Tier 1: завод «Электросила» занимается производством и поставкой приводного электродвигателя высокой мощности;

Уровень Tier 2: завод «Изолятор» осуществляет изготовление и поставку специализированной изолированной обмотки для нужд производства электродвигателя;

Уровень Tier 3: металлургический комбинат выплавляет и поставляет медную катанку (сырьевая база для обмоточного производства).

Необходимость сквозного распространения требований ИСМ ЦП по всей глубине многоуровневой цепи поставок обусловлена действием закона наследования качества. Нарушение технологических регламентов (например, скрытые дефекты плавки или несоответствие химического состава сырья), допущенное на уровне поставщика Tier 3 (металлургический комбинат), обладает скрытым кумулятивным характером. Подобный дефект переносится на последующие переделы (медную обмотку Tier 2 и электродвигатель Tier 1) и проявляется в виде критического отказа оборудования только на стадии финальных приемосдаточных испытаний готовой компрессорной установки на головном предприятии либо непосредственно в процессе её эксплуатации у потребителя. Данное обстоятельство подтверждает ключевую роль превентивного контроля, сквозной интеграции стандартов качества и непрерывного аудита процессов по всей глубине технологической цепи для минимизации транзакционных издержек и рисков рекламаций.

Таким образом, в результате анализа моделей управления качеством процесса производства были определены их отличительные характеристики применительно к сети, ядром которой является машиностроительное предприятие. Это, в свою очередь, позволило разработать межотраслевую модель системы управления качеством, использование которой позволяет получать такие сетевые эффекты, как достижение интегрированной поддержки производства на всех этапах жизненного цикла; сокращение транзакционных издержек, повышение гибкости процессов проектирования и выпуска новых наукоемких и высокотехнологичных изделий, что дает возможность повысить уровень технологической локализации производства за счет усиления кооперационных связей.

2.4 Система инструментов управления качеством машиностроительной продукции в межотраслевой среде

Инструменты оценки управления качеством процессов производства продукции в цепи поставок позволяют проводить анализ статистических данных, контроль динамики параметров процессов и продукции, оценку соответствия изделий целям по качеству. В данном исследовании под инструментами качества понимаются различные методики и технологии сбора и формирования баз данных, аналитической обработки информации, в том числе количественных и качественных данных о свойствах и состоянии продукта, процесса, производственной системы [272].

Интегрированное взаимодействие смежных производственных структур и межотраслевых организаций в цепи поставок для достижения целей качества процессов и продукции, по нашему мнению, должно предусматривать четыре группы инструментов оценки управления качеством в следующей цикличной последовательности:

- 1) инструменты проектирования качества;
- 2) инструменты контроля качества;
- 3) инструменты анализа качества;

4) инструменты принятия решений по управлению качеством.

Группы инструментов образуют систему оценки управления качеством для решения и предупреждения проблем несоответствия продукции, отклонения процессов и свойств изделий от заданных параметров, выявления причин брака, минимизации риска производства некачественной продукции (рисунок 2.4.1).

Традиционные инструменты управления качеством приобретают новую функцию, становятся трансляторами требований между участниками производственной цепочки. Инструменты проектирования качества, такие как QFD и ТРИЗ, позволяют переводить запросы заказчика из топливно-энергетического комплекса на язык технологических допусков, понятный поставщикам второго и третьего уровней. Инструменты анализа (FMEA и анализ рисков) выходят за границы отдельных цехов и применяются сквозным образом, отслеживая, как дефект литья у металлурга скажется на вибрационных характеристиках готового машиностроительного изделия. Инструменты принятия решений, включая матрицы и сетевые графики, служат для синхронизации производственных циклов разной длительности, например согласования долгих металлургических процессов с быстрыми операциями в электронике.

Новизна предлагаемого подхода заключается в системной интеграции разрозненных инструментов в единый контур управления межотраслевым жизненным циклом продукции. Во-первых, происходит смена масштаба: статистические методы контроля (контрольные карты, гистограммы) перестают быть локальными и становятся элементами «межотраслевой башни управления», где данные металлургического завода в реальном времени доступны машиностроителям. Во-вторых, предложенная схема жизненного цикла объединяет этапы контроля технологий и организации с обязательным аудитом готовности смежных отраслей еще до запуска заказа в производство. В-третьих, достигается конвергенция креативных инструментов проектирования и статистических методов контроля, что позволяет реализовать принцип предиктивного качества —

предотвращения дефектов на этапе исследования требований заказа совместно с поставщиками.

СИСТЕМА ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ



Рисунок 2.4.1 – Система инструментов управления качеством процессов и продукции, соответствующих целям по качеству предприятий машиностроения (обобщено и дополнено автором по [157,198])

Практическая значимость разработанной системы проявляется на всех этапах производства. На подготовительном этапе применение инструментов проектирования позволяет оценить наличие в России технологий Tier 2/3, способных обеспечить требуемое качество, что минимизирует риск «псевдолокализации» – запуска производства без реальной технологической базы. На этапе серийного производства использование единого набора инструментов контроля всеми участниками кооперации создает доверенную среду данных, где общие контрольные карты и диаграммы Исикавы сокращают время поиска причин межотраслевых сбоев. Наконец, предложенная система дает руководству объективную «измерительную линейку» для оценки поставщиков не только по цене, но и по их способности применять современные инструменты управления качеством.

Таким образом, представленное исследование знаменует переход от субъективного контроля к инженерному управлению межотраслевой средой. Оригинальность предложенного подхода заключается в том, что схема жизненного цикла «сшивает» деятельность различных предприятий в единый процесс контроля качества. Это превращает систему менеджмента качества из бюрократической надстройки в реальный инструмент обеспечения технологического суверенитета, позволяя гарантировать надежность сложного оборудования даже при полной замене цепочки поставщиков на отечественных.

Цикличность системы заключается в непрерывном совершенствовании управления качеством на основе контроля и анализа данных, принятия решений об изменении проектной документации, рабочих инструкций для достижения целей качества.

На первом этапе диагностики качества осуществляется постановка целей и определяются подходы к проектированию качества процессов и продукции.

Для машиностроительных предприятий нами рассматривается четыре инструмента в данной группе 198:

- бенчмаркинг как поиск оптимальных решений у конкурентов-производителей;
- развертывание функций качества как трансформация требований заказчика в технические характеристики продукции и соответствующую документацию;
- отечественная теория решения изобретательских задач как принципы и набор методов совершенствования технических систем;
- метод эвристических приемов как принципы и способы проектирования и преобразования прототипа продукции.

В группу инструментов контроля качества в цепи поставок вошли семь методик и методов, позволяющих количественно и качественно оценить качество процессов и продукции на всех этапах жизненного цикла производства продукции [275,185]:

- формирование контрольной карты качества продукции в дипольной системе координат, отражающей динамику изменения параметров качества по исследуемым образцам или за период времени;
- систематизация информации на основе контрольного листка качества с распределением данных по категориям;
- визуализация видов дефектов продукции, частота их проявления на основании инструмента контроля качества «диаграмма Парето» с отображением «поля качества»;
- поиск и визуализация причин, определяющих брак изделий на производстве, анализ вовлеченных бизнес-процессов на основании инструмента контроля качества «диаграмма Исикавы»;
- визуальная диагностика характера и тесноты связи между случайными величинами (например, показатель качества и фактор производства) на основании инструмента контроля качества «диаграмм разброса» или «поля корреляции»;

– визуализация распределения измерений статистических параметров качества продукции или процесса в виде столбчатой диаграммы «гистограммы» для анализа частоты проявления тех или иных значений параметров;

– выявление тенденции или закономерности в массиве параметров о качестве продукции за счет структурирования или систематизации данных на основании инструмента контроля качества «стратификация».

Перечисленные инструменты, как правило, используются менеджерами отдела качества предприятия обособленно или интегрированно в комплексе для уточнения причин несоответствия продукции заданным параметрам. Диагностика проводится на каждом этапе жизненного цикла производства продукции, а именно на этапе закупки сырья и комплектующих изделий, в процессе осуществления производственных операций и технического обслуживания оборудования, на этапе разработки прототипа и изготовления опытных образцов, на этапе выхода готовой, конечной для данного производства продукции [279,106].

Виды и объекты контроля качества серийного производства предприятия машиностроения представлены в таблице 2.4.1.

Таблица 2.4.1 – Виды и объекты контроля качества серийного производства предприятия машиностроения (дополнено автором по [137,27])

Наименования контроля качества на производстве	Объекты контроля качества
Входной контроль	Сырье, основные и вспомогательные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, инструменты, поступающие на склады предприятия.
Контроль опытных образцов	Модели, макеты, прототипы, опытные и серийные образцы.
Систематический контроль	Оборудование, машины, режущие и измерительные инструменты, контрольно-измерительные приборы, средства измерения, штампы, модели испытательной аппаратуры и весового хозяйства, находящиеся в эксплуатации приспособления, условия производства и транспортировки изделий и др.
Производственный пооперационный контроль	Установленный технологический режим производства, межоперационная приемка продукции.
Выходной контроль	Готовая продукция: детали, мелкие сборочные единицы, подузлы, узлы, блоки, конечные изделия.

В целом, оценка контроля качества с использованием соответствующих инструментов должна проводиться на следующих уровнях: входной контроль, контроль опытных образцов, систематический контроль, производственный пооперационный контроль, выходной контроль.

Характерной особенностью серийного производства является выполнение небольшого числа повторяющихся операций. Документация на технологический процесс в серийном производстве разрабатывается пооперационно и требует непрерывного контроля исполнения заданного режима. Для серийного производства также характерна межоперационная приемка промежуточного товара, что обуславливает соответствующий контроль на этапах сборки изделий [198,186]. В этой связи считаем обязательным для предприятий машиностроения применять пооперационный производственный контроль, а также контроль моделей и опытных образцов проектируемых и изготавливаемых изделий.

В зависимости от характера машиностроительного предприятия меры контроля продукции распространяются на цикл серийного производства, охватывая его полностью от процесса к процессу, или локализуются на обработке деталей или сборочных процессах. В любом случае, контроль продукции сопровождает поток обрабатываемых деталей. Изучив особенности производства изделий на предприятиях машиностроения [198,27,52], полагаем, что полный процесс контроля качества на производстве можно разделить на два последовательных уровня:

- 1) осуществление контроля соответствия применяемых технологий и организации производственного процесса производственным стандартам и нормативам;
- 2) осуществление контроля соответствия изделия заданным параметрам в период серийного производства на каждом этапе его изготовления.

Этапы использования инструментов оценки контроля качества процесса производства продукции на этапах жизненного цикла серийного производства представлены на рисунке 2.4.2.

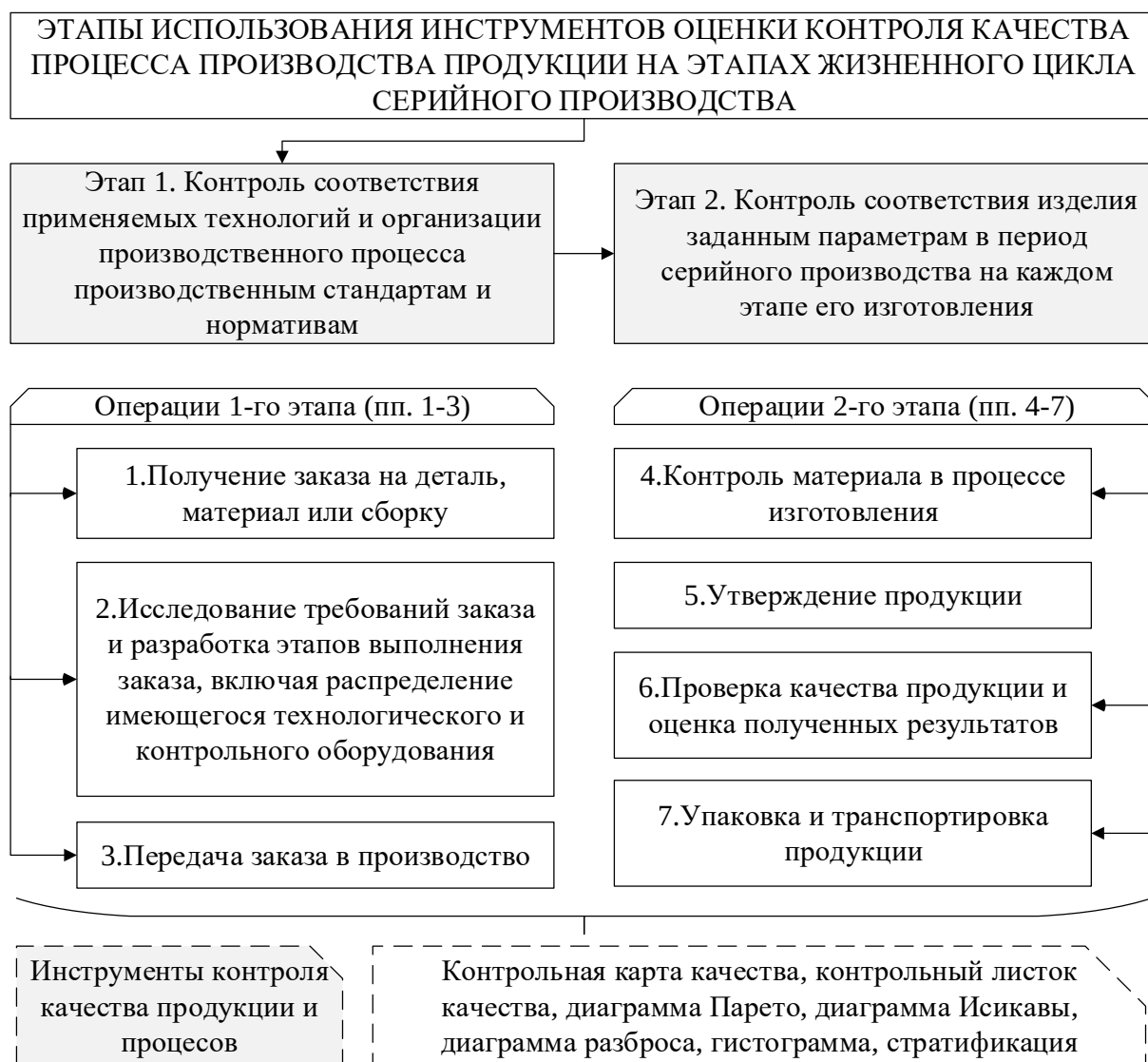


Рисунок 2.4.2 – Схема этапов использования инструментов оценки контроля качества процесса производства продукции на этапах жизненного цикла серийного производства (составлено автором)

В основном, суть инструментов контроля качества заключается в сравнительном анализе фактических и заданных образцовых значений параметров качества [165]. Данный дифференциальный подход основан на использовании показателей для определения уровня достижения заданного качества испытуемым образцом изделия, а также оценки степени отличия качества фактического образца от базового.

Для контроля качества продукции в процессе ее производства чаще всего используют метод семи инструментов контроля качества, представляющих собой необходимые и достаточные статистические методы, которые помогают решить 95 % всех проблем, возникающих на производстве.

Метод семи инструментов контроля качества включает в себя [84]: 1. Контрольный листок – инструмент исходного сбора и регистрации данных о качестве. 2. Причинно-следственная диаграмма – графическое упорядочение событий, влияющих на объект анализа. 3. Гистограмма – один из видов столбчатой диаграммы, дающей наглядное изображение того, с какой частотой повторяются события, значения параметров или диапазон их значений. 4. Диаграмма Парето – используется при обнаружении причин и факторов, влияющих на действенность управления качеством. 5. Диаграмма рассеивания – применяется для установления зависимости одной переменной величины от другой. 6. Линейный график – применяется, когда требуется самым простым способом отобразить динамику изменения прослеживаемых данных за определенный промежуток времени. 7. Контрольные карты – вид линейного графика, представляющего значение управляемой характеристики во времени с указанием границ предельного диапазона изменений параметров.

Однако при использовании статистических методов иногда появляются проблемы, связанные с предоставлением для обработки недостоверных данных и данных, не соответствующих фактам. Также на любом производстве часто возникает неопределенность обстоятельства, связанного с невозможностью учесть значительное число переменных технологического процесса. В этих условиях сложно планировать деятельность предприятия и не допускать провалов. Особенно это касается крупных предприятий, которые выпускают сложную продукцию и широкую номенклатуру.

Расчет коэффициента уровня качества продукции (Q_i) производится по формулам:

при условии базового значения не менее

$$Q_i = (P_i / P_{ib}) * 100 \quad (2.4.1)$$

при условии базового значения не более

$$Q_i = (P_{ib} / P_i) * 100. \quad (2.4.2)$$

где P_i – фактическое значение качества оцениваемой продукции i -го показателя;

P_{ib} – базовое значение качества оцениваемой продукции i -го показателя;

$i = 1, \dots, n$ – оцениваемые показатели качества.

Соответственно, коэффициент отклонения от уровня качества от базового значения (D_i) рассчитывается по формуле:

$$D_i = 100 - Q_i. \quad (2.4.3)$$

Таким образом, получаем величину отклонения фактического качества продукции от установленного базового по каждому показателю.

Полученные коэффициенты уровня качества продукции (Q_i) по оцениваемым показателям качества (i) можно объединить в единый интегральный показатель качества исследуемой продукции. Объединение показателей можно произвести различными математическими методами. В данном случае, будем считать, что все показатели имеют одинаковую важность и применим метод средней арифметической.

Таким образом, интегральный показатель уровня качества продукции (I_q) будет иметь вид:

$$I_q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.4.4)$$

где n – количество оцениваемых показателей качества (i).

Контроль качества в АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» осуществляется на стадиях изготовления и ремонта деталей, сборочных единиц согласно контрольным операциям технологического процесса или технологическим указаниям, разработанным отделом по разработке технологий и согласно

конструкторской документации, разработанной конструкторскими подразделениями.

Произведенная и отремонтированная ПК-900 продукция (детали, сборочные единицы), принятая БТК, передается:

- в склады готовой продукции;
- в склады запчастей.

Условия хранения деталей, сборочных единиц и готовых изделий на склад готовой продукции должны обеспечивать сохранность качества и работоспособность находящейся на складе готовых деталей и зарегистрированной продукции.

Консервация и переконсервация готовой продукции направлена на обеспечение противокоррозионной защиты и сохраняемости изделий и запчастей в соответствии с установленными гарантийными сроками хранения для дальнейшего промышленного применения.

Упаковывание готовой продукции осуществляется согласно техническим условиям, комплектовочной ведомости, ведомости эксплуатационных документов, КД с учетом особых условий поставки, оговоренных в договоре. В этих документах определены общие требования к применяемым методам и конструкциям средств упаковывания.

Отгрузка изготовленной или отремонтированной продукции осуществляется на транспорте заказчика, если в договоре не оговорены другие условия транспортирования.

В АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» определены и осуществляются меры по поддержанию связи с потребителями:

- информирование потребителей о ходе выполнения работ;
- взаимодействие с потенциальными потребителями с целью определения их потребностей;
- получение обратной связи об удовлетворенности от потребителей продукции;

- взаимодействие с потребителями при работе с поступающими от них рекламациями и претензиями;
- гарантийное обслуживание;
- постгарантийный сервис;
- сбор и анализ обратной связи.

Эффективность внедрённых мероприятий по поддержанию связи с потребителями оценивалась на предприятии по двум группам показателей, что отражено в таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2 – Технический уровень компрессора N за 2022–2024 годы (расчитано автором)

Показатели технического уровня продукции	2022 год	2024 год
Информация из анкет	Среднее значение	Среднее значение
Соответствие фактических технических характеристик продукции установленным требованиям в технической документации	4,4	4,8
Внешний вид оборудования, качество исполнения, маркировка, соответствие упаковки и т.п.	4,7	4,7
Отсутствие потребности в ремонте оборудования в гарантийный период	4,2	4,7
Объективные показатели		
Конструкторская недоработка%	18,57	15,13
Дефект покупного изделия%	23,84	31,47
Производственная недоработка%	12,67	9,56
Недоработка отдела технического контроля%	13,06	11,25

Первая группа – субъективные оценки, получаемые непосредственно от заказчиков через анкетирование. К ним относятся: соответствие фактических технических характеристик заявленным требованиям, качество исполнения и упаковки, а также отсутствие потребности в ремонте в гарантийный период. Эти показатели фиксируют восприятие качества со стороны потребителя и его удовлетворённость продукцией.

Вторая группа – объективные данные, основанные на анализе рекламаций и актов выявленных дефектов. Они структурированы по источникам происхож-

дения несоответствий: конструкторские недоработки (ошибки в проектировании), дефекты покупных изделий (поставщики компонентов), производственные недоработки (нарушения технологии), а также недоработки отдела технического контроля (пропуск дефектов на стадии приёмки).

Сопоставление данных за 2022 и 2024 годы позволяет не только констатировать динамику технического уровня компрессора N, но и выявить, какие именно аспекты качества улучшились за счёт внедрения замкнутого цикла обратной связи, а какие проблемные зоны сохраняются и требуют дальнейшего внимания.

В соответствии с данными, представленными в таблице 2.4.3 видно, что среднее значение положительных показателей за 2024 год выше, чем за 2022 год. Отрицательные показатели: конструкторская недоработка, производственная недоработка, недоработка отдела технического контроля уменьшились. Дефект покупного изделия с 23,84% повысился до 31,47% за период с 2022 по 2024 годы. Это связано с тем, что внедренные новые технологии и процессы не отлажены полностью.

Ключевыми проблемами в цепи поставок компрессора N в условиях обеспечения технологической локализации производства являются:

1. Зависимость от импорта: некоторые комплектующие и материалы не имеют отечественных аналогов. Приведем сравнение характеристик материалов и компонентов отечественного производителя и импортного для остаточного импорта (4%) для компрессора N (таблица 2.4.3).

Таблица 2.4.3 – Сравнение характеристик материалов и компонентов отечественных производителей и импортных для остаточного импорта (обобщено автором)

Категория	Параметр	Импортные аналоги	Российские аналоги
<i>Материалы</i>			
Кобальтовые сплавы	Усталостная прочность	650 МПа	420 МПа
Никелевые сплавы	Температурная стойкость	до 1220 °С	до 940 °С
	Коррозионная стойкость	0,01 мм/год	0,04 мм/год
Керамические покрытия	Адгезия	82 МПа	44 МПа
	Теплопроводность	1,5 Вт/(м*К)	2,4 Вт/(м*К)
<i>Электронные компоненты</i>			
Датчики температуры	Время отклика	0,5 сек	2,0 сек
	Долговечность	51000 циклов	19000 циклов
Датчики давления	Точность	0,1% FS	0,3 % FS
	Диапазон	0-1000 бар	0-550 бар
<i>Оснастка</i>			
Оснастка	Стойкость	5000 заливок	1300 заливок
	Геометрия каналов	Допуск $\pm 0,1$ мм	Допуск $\pm 0,35$ мм

Также для наглядности приведем сравнение характеристик отечественного и импортного производителей для локализованных материалов и комплектующих (таблица 2.4.4).

На основании представленных данных (таблица 2.4.4) автором был проведен сравнительный анализ технико-эксплуатационных характеристик материально-технической базы и логистических издержек в процессе технологической локализации компрессорного оборудования, в результате которого выявлено следующее.

Таблица 2.4.4 – Сравнение характеристик отечественного и импортного производителей для локализованных материалов и комплектующих (обобщено автором)

Категория	Параметр	Импортные аналоги	Российские аналоги
<i>Материалы</i>			
Титановые сплавы	Прочность	860-900 МПа	900-1050 МПа
	Температурная стойкость	до 450 °С	до 500 °С
Алюминиевые литейные сплавы	Прочность	240-270 МПа	280-310 МПа
	Ударная вязкость	4-5 Дж/см ²	5-6 Дж/см ²
Антифрикционные покрытия подшипников	Температурная стойкость	до 250 °С	до 300 °С
	Адгезия	45 МПа	60 МПа
<i>Вспомогательные материалы</i>			
Фильтры	Эффективность очистки	99,5 %	99,6 %
	Сопротивление потоку	0,83 кПа	0,82 кПа
Краски	Время высыхания	30 мин	30 мин
	Износостойкость	490 циклов	500 циклов
Герметики	Время полимеризации	110 мин	90 мин
	Прочность	2,3 МПа	2,4 МПа
<i>Механические компоненты</i>			
Роторы	Предел прочности (при 800 °С)	780 МПа	800 МПа
	Предел ползучести (при 800 °С)	280 °С	290 °С
	Ударная вязкость	45-50 Дж/см ²	50-60 Дж/см ²
Уплотнительные системы	Температурный предел	1150 °С	1200 °С
	Теплопроводность	20-25 Вт/(м*К)	25-30 Вт/(м*К)
Подшипниковые узлы	Ресурс	23000 ч	25000 ч
	Динамическая грузоподъемность	45 кН	47 кН
Приводы клапанов	Точность позиционирования	± 0,2 %	± 0,1 %
	Быстродействие	65 мс	50 мс
<i>Электронные компоненты</i>			
Вибрационные датчики	Точность	± 0,6 %	± 0,5 %
	Диапазон частот	10 Гц – 15 кГц	5 Гц – 20 кГц
Контроллеры	Тактовая частота	190 МГц	200 МГц
	Энергопотребление	1,2 Вт	1,0 Вт

1. Анализ качественных характеристик материальной базы:

Установлено, что на текущий момент характеристики материалов и компонентов отечественного производства, предназначенных для замещения критических импортных позиций в конструкции компрессора (модель N), по ряду параметров уступают зарубежным аналогам. В то же время выявлено, что уже локализованные компоненты демонстрируют качественный паритет с импортной продукцией, а по отдельным эксплуатационным индикаторам характеризуются превосходящими показателями, что подтверждает потенциал отечественных производственных линий.

2. Транспортно-логистические риски и динамика издержек:

Дефицит специализированных транспортных мощностей идентифицирован как один из ключевых факторов роста доли логистических издержек в структуре себестоимости продукции и нарушения графиков отгрузки. Проведенный автором анализ динамики транспортных затрат (таблица 2.4.5) за период 2022–2024 гг. выявил существенную волатильность рынка логистических услуг:

а) наибольший рост издержек зафиксирован на морских маршрутах из КНР – увеличение на 218%.

б) внутренние логистические маршруты по территории РФ характеризуются ростом стоимости на 60%.

Таблица 2.4.5 – Сравнительный анализ логистических издержек (рассчитано автором)

Маршрут	До 2022	2024	Рост
Китай (морской)	97000 руб.	309000 руб.	+218%
Германия (ж/д)	78000 руб.	нет данных	-
Внутри России	45000 руб.	72000 руб.	+60%

В связи с введением санкционных ограничений прямые поставки из Германии приостановлены.

В рамках исследования были рассмотрены альтернативные сценарии логистического обеспечения, характеризующиеся наличием определенных ограничений:

1) замещение маршрутов КНР транзитом через Вьетнам: сопряжено с пролонгацией логистического цикла на 35 суток.

2) переориентация поставок из Германии через Республику Беларусь: приводит к увеличению стоимости фрахта на 20% от базового уровня.

3) использование внутренних водных путей (речных маршрутов): характеризуется существенной зависимостью от сезонности и навигационных периодов, что снижает ритмичность поставок.

3. Кадровое обеспечение и адаптация технологий.

Критическим барьером на этапе технологической локализации производства выступает дефицит квалифицированных инженерно-технических кадров. Данный фактор инициирует риски пролонгации этапа освоения и адаптации персоналом импортозамещающих технологий, что в итоге влияет на совокупную производительность труда и сроки выхода на проектные мощности.

Таким образом, можно утверждать, что функционирование цепей поставок и производственных процессов АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» в условиях импортозамещения ограничено тремя группами критических факторов: высокой степенью зависимости от импортных компонентов, дефицитом специализированного кадрового состава и резким ростом затрат на эксплуатацию специального транспорта. Устранение указанных барьеров требует формирования комплексной стратегии управления качеством и рисками в рамках ИСМ ЦП.

Для решения проблем в области качества существует целый ряд проверенных инструментов, который должен обязательно применяться на промыш-

ленных предприятиях. В качестве инструментов анализа качества следует использовать функционально-физический анализ, функционально-стоимостной анализ, анализ причинно-следственных связей и анализ рисков [209].

Функционально-физический анализ осуществляется для целей проектирования качества разрабатываемых продуктов и процессов. Данный анализ предполагает оценку качества проектируемых технических и технологических решений по изготовлению нового или усовершенствованного изделия, оценку качества предлагаемых принципов действия составляющих частей изделия и изделия в целом.

Системный анализ функций изделия, технологического, производственного процесса, организационной структуры, задачей которого является рациональное использование ресурсов, производится с применением инструмента оценки качества «функционально-стоимостной анализ». Данный подход ориентирован на изучение изделия с позиции соответствия его эксплуатационных свойств и затрат на разработку технологии производства и, непосредственно, стоимости процесса производства.

Анализ причинно-следственных связей является предметом изучения искусственного интеллекта, где в основе решения задачи принятия решений заложен алгоритм последовательных действий «причина – следствие». В управлении качеством важную роль играет процесс выявления причин бракованной продукции и несоответствия производственных процессов заданным параметрам, а также, как следствие диагностики причины – решение об устранении и предупреждении рисков несоответствий в производственной системе [306].

Последний блок инструментария управления качеством продукции и процессов – инструменты принятия решений по управлению качеством. Данные инструменты предполагают принятие решения о реинжиниринге процессов в производственной системе и разработку плана-графика мероприятий по реализации соответствующего проекта на предприятии. В качестве универсальных инструментов управления качеством используют:

- сетевой график как формирование динамической модели производственного процесса с определением технологической зависимости проектных работ, с выделением возможных критических мест;
- матрица приоритетов определяет важность информации о качестве продукции и принимаемых мерах по устранению критических зон;
- матричная диаграмма как инструмент управления качеством применяется для оценки важности логических связей между основной целью, проблемой и различными качественными и количественными данными;
- диаграмма сродства основана на систематизации массива разрозненных данных о качестве изделия на основе качественных (текстовых) характеристик или ассоциаций;
- диаграмма связей, древовидная диаграмма, диаграмма принятия решений являются интеллект-картами и позволяют визуализировать производственные и бизнес-процессы на предприятии в виде дерева связей (корреляции и регрессии) и решений для целей совершенствования системы управления качеством.

Применимость данной системы к оценке эффективности проектов обеспечения технологической локализации производства и цепей поставок требует своего развития. Несмотря на положительные результаты, полученные в ходе реализации политики обеспечения технологического суверенитета в промышленности (около 24% предприятий снизили долю импорта при закупках оборудования, в том числе 6% – до нулевого уровня), российская экономика остаётся высоко зависимой от импортного сырья (около 67% отечественных производителей) и оборудования (около 78%). Исходя из этого, управление процессами наращивания потенциала реализации проектов обеспечения технологической локализации производства в реальном секторе российской промышленности нуждается в разработке методического инструментария, необходимого для комплексного анализа уровня импортозависимости промышленных предприятий и объективной оценки эффективности реализации ими реальных или потенциальных проектов обеспечения технологической локализации производства.

Важно отметить, что внедрение подобного инструмента позволит обеспечить своевременное выявление проблемных зон и разработку эффективных мер, направленных на снижение зависимости от иностранных поставщиков [36].

Эффективность реализации проектов обеспечения технологической локализации производства должна рассматриваться на следующих уровнях:

- на микроуровне – с позиции достижения целей реализации проектов обеспечения технологической локализации производства на отдельном промышленном предприятии;

- на мезоуровне – с точки зрения изменения показателей, структуры и траектории развития воспроизводственной системы региона, формирования в промышленности технологических цепочек с законченным циклом производства конечной продукции;

- на макроуровне – в контексте повышения уровня национальной безопасности, роста конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности отечественной промышленности.

Такое деление на три иерархических уровня для проведения оценки и последующего принятия на ее основе управленческих решений является важным с точки зрения особенностей управления инновационным потенциалом проектов обеспечения технологической локализации производства. Оценивать эффективность реализации проектов обеспечения технологической локализации производства необходимо с позиции их понимания как совокупности многокритериальных характеристик, отражающих получение экономических эффектов в выделенных аспектах. Подробная методика оценки эффективности будет представлена в главе 5.

Таким образом, инструментарий оценки управления качеством процессов производства продукции в цепях поставок при интегрированном взаимодействии предприятий включает четыре группы инструментов, последовательно и параллельно оценивающих качество производственной системы. Для обеспечения технологической локализации производства, разработки отечественных

технологий машиностроения, производства машин и аппаратов для промышленных производств и бытового назначения важен оперативный непрерывный контроль качества процессов и продукции на всех этапах жизненного цикла производства. Предупреждение отклонений от заданных параметров качества конечной продукции обеспечит сокращение: числа брака, расхода ресурсов, временных рамок изготовления и утверждения опытных образцов; ускорит выход на серийное и массовое производство продукции машиностроения.

2.5 Выводы по главе

1. Изучение научной литературы позволяет констатировать широкую охваченность проблематики организации производства на уровне промышленного предприятия, но слабую освещенность принципов производственного менеджмента в условиях обеспечения технологической локализации производства. В результате систематизации и развития известных подходов сформирована система принципов, которая может быть заложена в основу построения модели интегрированной системы, способной исполнить роль фундамента для развития отечественного высокотехнологичного производства.

2. В результате анализа моделей управления качеством процесса производства были определены их отличительные характеристики применительно к сети, ядром которой является машиностроительное предприятие, что позволило разработать межотраслевую модель системы управления качеством, использование которой позволяет получать такие сетевые эффекты, как достижение интегрированной поддержки производства на всех этапах жизненного цикла, сокращение транзакционных издержек, повышение гибкости процессов проектирования и выпуска новых наукоемких и высокотехнологичных изделий, что дает возможность повысить уровень обеспечения технологической локализации производства отрасли за счет усиления кооперационных связей.

3. Инструментарий оценки управления качеством процессов производства продукции при интегрированном взаимодействии предприятий включает четыре группы инструментов, последовательно и параллельно оценивающих

качество производственной системы. Для обеспечения технологической локализации производства, разработки отечественных технологий машиностроения, производства машин и аппаратов для промышленных производств и бытового назначения важен оперативный непрерывный контроль качества процессов и продукции на всех этапах жизненного цикла производства. Предупреждение отклонений от заданных параметров качества конечной продукции обеспечит сокращение: числа брака, расхода ресурсов, временных рамок изготовления и утверждения опытных образцов; ускорит выход на серийное и массовое производство продукции машиностроения.

3 РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИНСТРУМЕНТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1 Логико-информационные модели управления качеством производственных процессов и проектов обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной промышленности

В условиях сильной турбулентности экономики и усиления конкуренции проблема обеспечения качества продукции является стратегической задачей промышленных предприятий. Видится необходимым внедрение такой системы управления на предприятиях машиностроения, которая была бы способна обеспечить непрерывное улучшение производственных процессов и повышение конкурентоспособности продукции, что положительно скажется на эффективности предприятия. Одним из подходов эффективного управления является внедрение системы менеджмента качества, ориентированной на достижение результатов, основанных на целях и показателях качества, направленных на удовлетворение нужд и ожиданий потребителей, развитие предприятий и обеспечение экологичности производства.

Описание концепции всеобщего менеджмента качества было подробно представлено в параграфе 2.3. Она возникла с основными идеями ряда зарубежных ученых – Э. Деминга, Дж. Джурана, А. Фейгенбаума, Ф. Кросби, К. Исикавы, сравнительная характеристика принципов теорий которых представлена на рисунке 3.1.1.



Рисунок 3.1.1 – Основополагающие теории концепции Всеобщего менеджмента качества (построено автором)

В контексте системы менеджмента качества цикл Деминга (PDCA) – это динамичный цикл, который может быть применён в каждом процессе и подпроцессе, а также к системе производства предприятия в целом [90]. Применение концепции PDCA способствует поддержанию и постоянному улучшению возможностей процессов на всех организационных уровнях предприятия.

Одним из основоположников современной системы менеджмента качества считают Дж. Джурана, который в 1986 году представил три универсальных процесса управления качеством – планирования качества, контроль качества и улучшение качества, позже они стали известны под названием «Трилогия Джурана». Он полагает, что решение проблем управления качеством приводит к экономии средств. Также Дж. Джурану принадлежит заслуга в популяризации системы Парето. С целью определения и выявления проблем и закономерностей, связанных с управлением качеством производства продукции, а также в разработке методологии оценки затрат на качество как способа выделения приоритетов и мониторинга мероприятий по улучшению деятельности, он применял анализ Парето [293].

Заслуга А. Фейгенбаума заключается в существенном совершенствовании внутрифирменного управления:

- появление ключевых отделов по обеспечению качества производства продукции, что повлияло на изменения организационных структур управления;

- повышение уровня работ по обеспечению качества.

После 14 принципов, предложенных Ф. Кросби, важный вклад в комплексный план действий по качеству вносят его «четыре постулата» [214]:

1. Качество – это соответствие требованиям, а не «добротность» или «тщательная отделка».

2. Качество обеспечивается системой предупреждения, а не системой оценки.

3. При работе нужно стремиться к бездефектности, а не к тому, чтобы сделать нечто «достаточно похожее на то, что нужно».

4. Критерий измерения качества – цена несоответствия установленным требованиям.

К. Исикава, помимо диаграммы «причина-следствие», принадлежит идея создания кружков качества на предприятиях с целью поддержки мероприятий по улучшению качества [125].

Во временном пространстве эволюцию подходов к управлению качеством можно представить в виде рисунка 2.1.2. Следует отметить, что это только крупные периоды развития концепций управления качеством. Так, заслуживают внимания и следующие концепции, являясь предпосылками развития более значимых: пространственно-временное распределение Ф. и Л. Гилберта, Г. Форда (1915 год); теория администрирования Х. Файлора (1916 год); идеальный тип чиновничества М. Вебера (1922 год); первое применение математических моделей В. Шухарта (1931 год); реинжиниринг бизнес-процессов М. Хаммера (1988 год) и др.

Для каждого периода развития системы управления качеством характерны как свои преимущества (представлены на рисунке 3.1.2), так и недостатки. Так, к отрицательным сторонам:

- эпохи ремесленного производства относится отсутствие взаимозаменяемости деталей;
- системы управления Тейлора – разрозненность деятельности работников, отсутствие видения результата общего труда;
- концепции статистического управления качеством – сложность применения инструментов, их использование только к процессам выпуска продукции;
- концепции тотального управления качеством – учет интересов только производителя и потребителя;
- концепции всеобщего управления качеством – высокие требования к компетентности и личным качествам руководства.



Рисунок 3.1.2 – Эволюция развития систем управления качеством и их отличительные положительные характеристики
(обобщено автором на основе [89,25,273,147])

Производство продукции является одним из основных видов деятельности промышленного предприятия (рисунок 3.1.3).

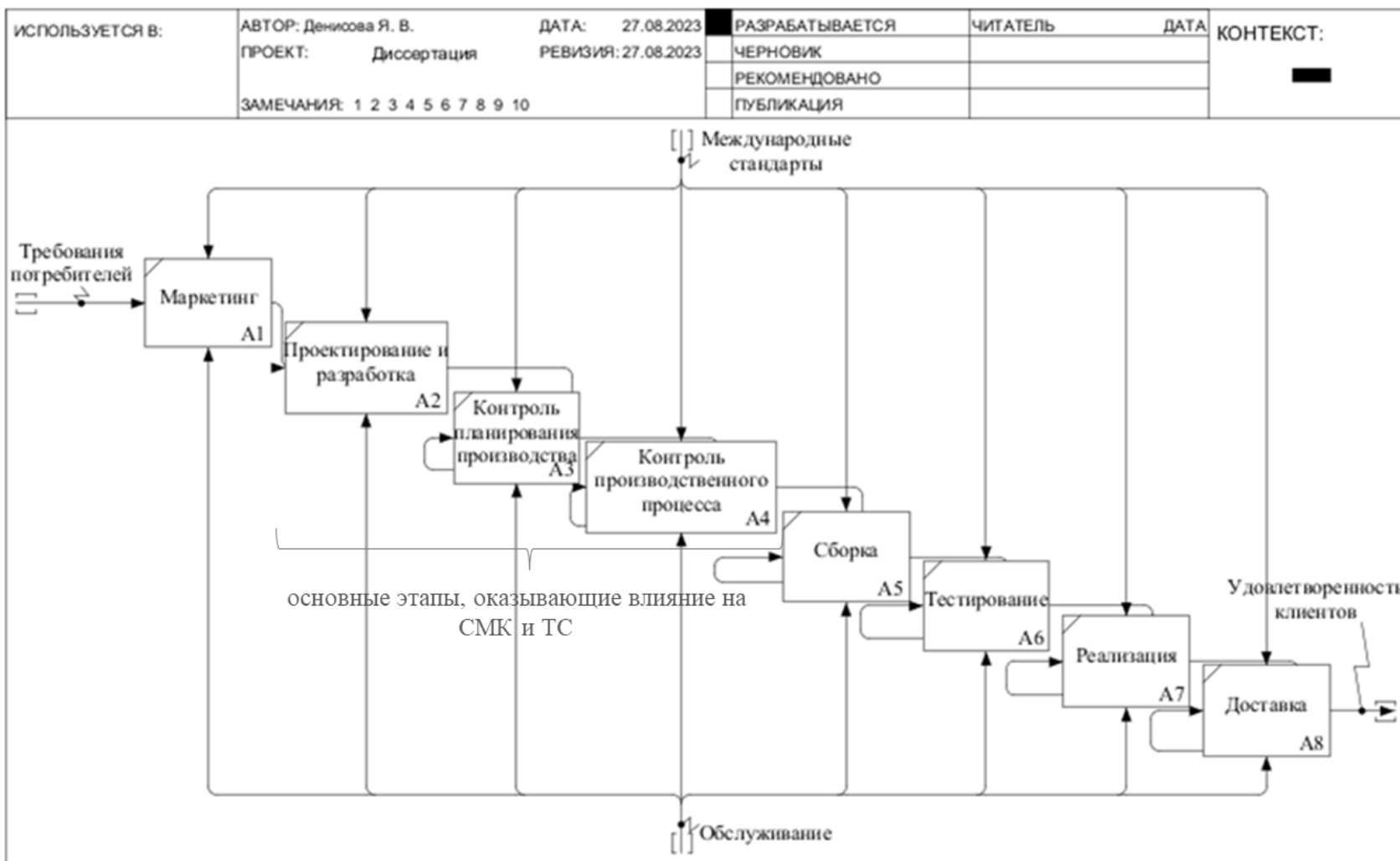


Рисунок 3.1.3 – Логико-информационная модель процесса производства продукции с позиции системы управления качеством и обеспечения технологической локализации производства (построено автором)

Общие требования к созданию системы менеджмента качества описаны в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001–2015: «Системы менеджмента качества. Требования» [81], а рекомендации по ее развитию для достижения устойчивого успеха деятельности – в стандарте ГОСТ Р ИСО 9004–2019: «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации» [82]. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000–2015: «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», «система менеджмента качества» может быть определена как «совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов организации для разработки политик и целей, а также процессов для достижения целей в области качества» [78].

Могилко Д. Ю. в своем исследовании [166], опираясь на требования и пояснения стандартов, регламентирующих систему менеджмента качества, подробно представил процесс управления качеством в виде логико-информационной модели (рисунок 3.1.4).

Так, в соответствии с ГОСТ Р 57193–2016: «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [68], целью процесса управления качеством выступает соответствие продуктов, услуги и реализации процесса управления качеством организационным и проектным целям управления качеством и достижение удовлетворенности заказчика.

Результатом выступают организационные цели управления качеством, политика и процедуры; критерии и методы оценки качества; предоставляются ресурсы и информация для поддержки функционирования и контроля действий по обеспечению гарантии качества проекта; политика управления качеством и процедуры, основанные на проектных и организационных результатах.

Действия и задачи включают в себя: планирование управления качеством; оценку системы управления качеством; выполнение корректирующих и упреждающих действий по управлению качеством.

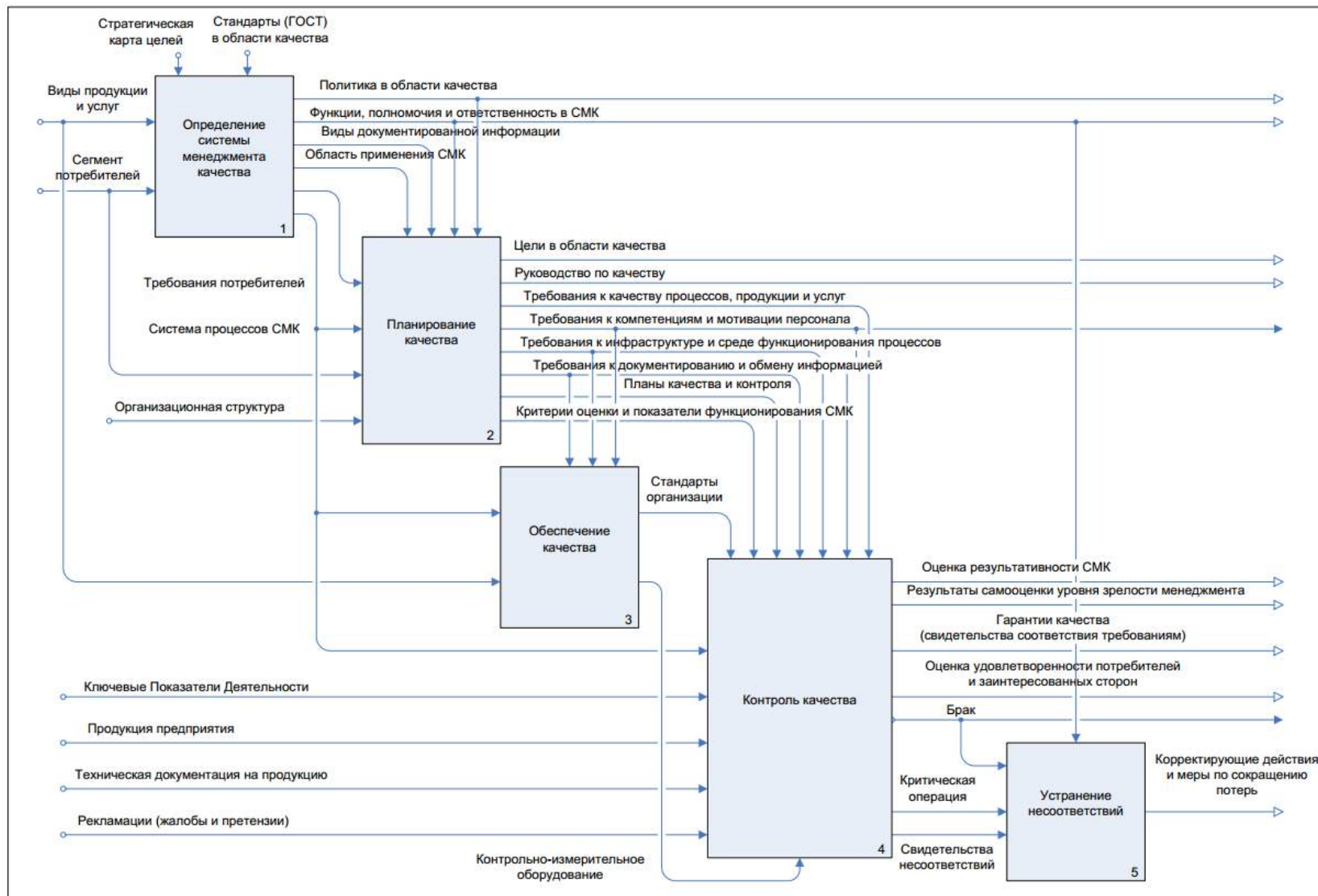


Рисунок 3.1.4 – Логико-информационная модель процесса «управление качеством» [166]

Одним из условий обеспечения процесса управления качеством является сосредоточенность на непрерывном совершенствовании и его поддержании (кайдзен). Это может привести к:

- снижению затрат за счет меньшей переработки, следовательно, производства меньшего количества отходов;
- сокращению продолжительности цикла за счет сокращения времени, затрачиваемого на исправление ошибок, и увеличения времени, затрачиваемого на мероприятия с добавленной стоимостью;
- повышению производительности за счет сокращения времени, затрачиваемого на устранение несоответствий;
- улучшению отношений с поставщиками (партнерами);
- общему улучшению сервиса;
- общему снижению затрат.

Для успешного руководства организацией и ее функционирования необходимо направлять ее и управлять систематически и прозрачным способом. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон. Управление организацией включает менеджмент качества наряду с другими аспектами менеджмента. Восемь принципов менеджмента качества были определены для того, чтобы высшее руководство могло руководствоваться ими с целью улучшения деятельности организации:

- ориентация на потребителя: организации зависят от своих потребителей, поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания;
- лидерство руководителя: руководители обеспечивают единство цели и направления деятельности организации. Им следует создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации;

- вовлечение работников: работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности;
- процессный подход: желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом;
- системный подход: выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов в рамках единой системы, для повышения результативности и эффективности организации при достижении ее целей;
- постоянное улучшение: постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как ее неизменную цель;
- принятие решений, основанное на фактах: управленческие решения должны приниматься, исходя из анализа проверенной документированной информации;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками: организация и ее поставщики взаимозависимы, и отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности.

Эти восемь принципов менеджмента качества образуют основу для стандартов на системы менеджмента качества, входящих в семейство ИСО 9000. Системы менеджмента качества могут содействовать организациям в повышении удовлетворенности потребителей.

Потребителям необходима продукция, характеристики которой удовлетворяли бы их потребности и ожидания. Эти потребности и ожидания, как правило, отражаются в технических условиях на продукцию и обычно соответствуют ожиданиям и требованиям потребителей. Требования могут быть установлены потребителем в контракте или определены самой организацией. В любом случае приемлемость продукции в конечном счете устанавливает потребитель. Поскольку потребности и ожидания потребителей меняются, орга-

низации также испытывают давление, обусловленное конкуренцией и техническим прогрессом, что их подталкивает к постоянному совершенствованию своей продукции и процессов.

В этом контексте совершенствование продукции и процессов – это не две отдельные задачи. Практическим инструментом для такого комплексного совершенствования служит управление взаимосвязью между ними (рисунок 3.1.5).

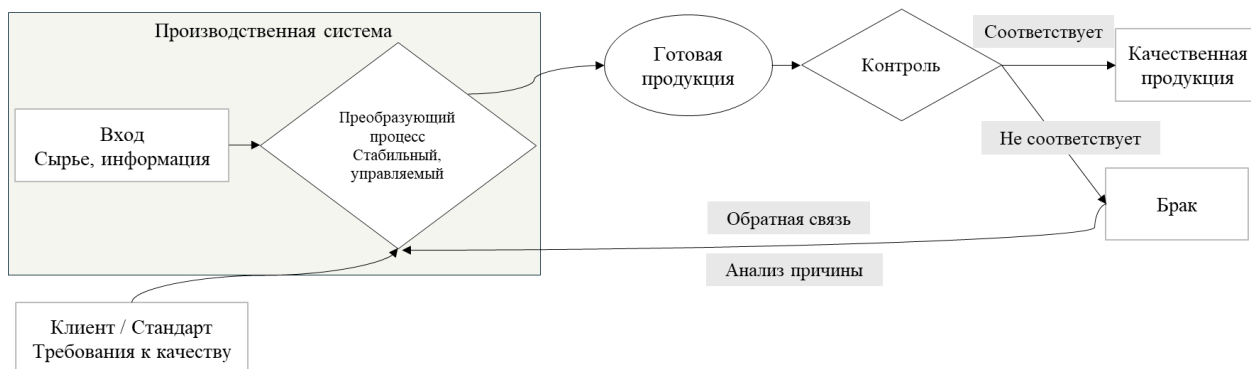


Рисунок 3.1.5 – Взаимосвязь качества процессов и качества продукции
(представлено автором)

Поскольку в конечном счете приемлемость продукции устанавливает потребитель, единственным надежным способом гарантировать эту приемлемость является контроль над всем циклом ее создания. Таким образом, качество процессов, будучи причиной, является главным рычагом влияния на качество продукции – следствие, которое и оценивает потребитель.

Качество процессов – это стабильность, эффективность и предсказуемость всех операций, которые используются для создания продукта или услуги. Это касается всего: от закупки сырья и работы станков до коммуникации между сотрудниками и логистики. Качественный процесс характеризуется стандартизованностью, воспроизводимостью, измеримостью, управляемостью, постоянным улучшением.

Качество продукции – это совокупность характеристик готового изделия или услуги, которые отвечают установленным требованиям и ожиданиям по-

требителя (соответствие стандарту, надежность, функциональность, отсутствие дефектов). Качество продукции – это итог, финальный результат работы всех предыдущих процессов. Эволюция подходов к управлению качеством демонстрирует, как менялось понимание взаимосвязи между продукцией и процессами. Устаревший подход, известный как «Контроль качества» (Quality Control), основывался на простом принципе: продукция производилась с использованием любых, зачастую нестабильных, процессов, а её качество обеспечивалось в конце линии усилиями браковщиков, которые проверяли готовые изделия и отсеивали дефекты. В этой парадигме связь между процессом и результатом была слабой – брак обнаруживался постфактум, после того как на его производство уже были затрачены ресурсы, а значит, качество продукции достигалось не за счёт её грамотного создания, а лишь за счёт дорогостоящей и неэффективной проверки. В противовес ему современный подход, включающий «Обеспечение качества» (Quality Assurance) и «Управление качеством» (Quality Management), коренным образом меняет философию. Его основная идея заключается в том, что качество нельзя «проконтролировать» в готовое изделие; его необходимо «встроить» в каждый этап процесса. Здесь связь приобретает прямой и причинно-следственный характер: если все процессы стабильны, предсказуемы и точно выполняются, то и результат в виде продукции будет стабильно высокого качества. Таким образом, фокус сместился с обнаружения проблем на их системное предотвращение.

Системный подход к менеджменту качества побуждает предприятия анализировать требования потребителей, определять процессы, способствующие получению продукции, приемлемой для потребителей, а также поддерживать эти процессы в управляемом состоянии. Система менеджмента качества может быть основой постоянного улучшения с целью увеличения вероятности повышения удовлетворенности как потребителей, так и других заинтересованных сторон. Она дает уверенность самой организации и потребителям в ее способности поставлять продукцию, полностью соответствующую требованиям.

3.2 Концептуальная модель управления качеством процессов производства и машиностроительной продукции при интегрированном взаимодействии предприятий в цепях поставок

На современных машиностроительных предприятиях качество выпускаемой продукции, которое напрямую зависит от качества процессов производства, является одним из ключевых критериев эффективности и конкурентоспособности производства, определяющих динамику жизненного цикла продукта. Качество продукции и процессов производства определяет в конечном счете конкурентоспособность предприятия и отрасли в целом. Достижение требуемого уровня качества продукции и процессов формирует рост капитализации предприятия, определяет дальнейшую стратегию его развития.

В настоящее время для большинства предприятий машиностроительной отрасли важнейшая задача сводится к переходу на всеобщее управление качеством. Однако полагаем, что данная задача должна быть расширена и применена с учетом нарастающих коллабораций. Перспективным представляется рассмотреть возможность использования моделей управления качеством процессов производства и продукции на основе интегрированного взаимодействия предприятий, т.е. в контексте интегрированной системы менеджмента в цепях поставок.

В основу создания интегрированной системы менеджмента положен процессный подход, сочетающий в рамках интегрированной цепи создания стоимости такие элементы, как:

- источники входов, представленные результатами предыдущих процессов;
- входы – материалы, энергия, сырье, информация и т.п.;
- виды деятельности;
- выходы – материалы, энергия, информация, полуфабрикаты, конечная продукция;
- получатели выхода – последующие процессы.

Данная система обеспечивается средствами управления, включая контрольные точки для мониторинга и измерения результатов деятельности (рисунок 3.2.1).

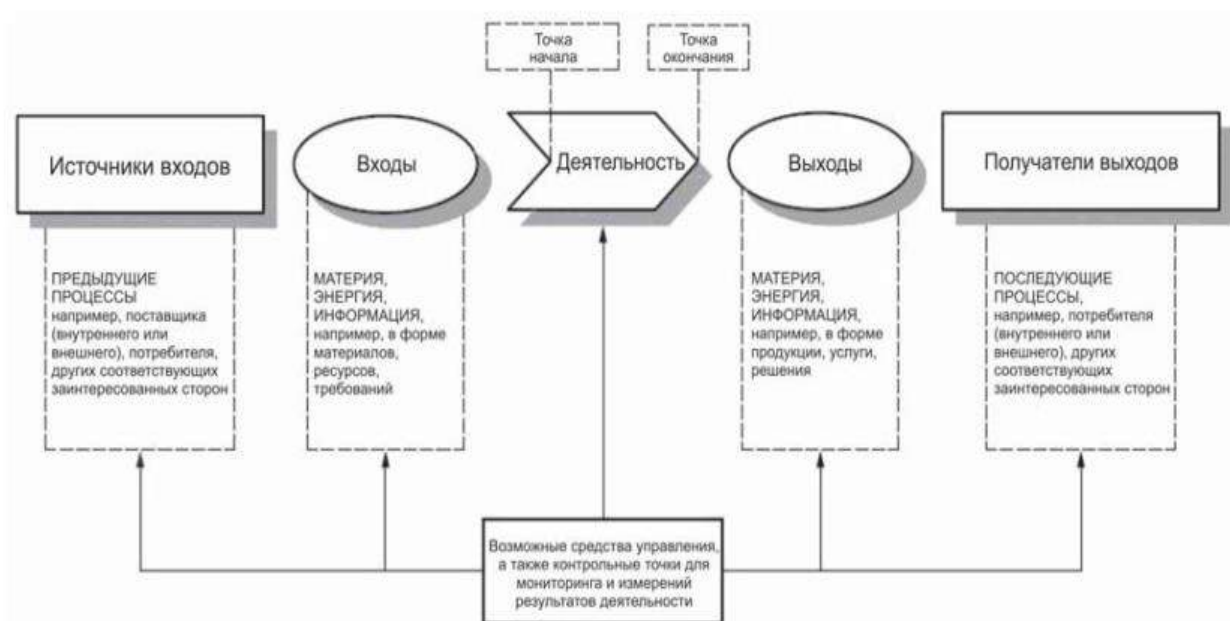


Рисунок 3.2.1 – Элементы процессного подхода в интегрированной цепи создания стоимости [123]

Интегрированная цепь создания стоимости на предприятиях машиностроения представляет собой сложную систему, в которой протекают взаимосвязанные процессы, направленные на достижение результатов и целей производственно-хозяйственной деятельности. Идентификация и определение взаимосвязи между процессами в цепи создания стоимости, а также управление ими обеспечивает достижение результатов и эффективности деятельности предприятий машиностроения. Выход из одного процесса может рассматриваться как вход в другой процесс, образуя систему процессов (рисунок 3.2.2).



Рисунок 3.2.2 – Система процессов промышленного предприятия [161]

Соответственно, при построении интегрированной системы менеджмента необходимо подходить к понятию цепи создания стоимости как системе процессов, протекающих внутри нее и к которым формируются свои принципы к построению модели менеджмента качества.

Рассмотренные теоретические аспекты процессного подхода и системы процессов промышленного предприятия находят свое конкретное воплощение при анализе реального производственного процесса. Для объекта данного исследования – производства компрессорного оборудования – технологический процесс представляет собой сложную, многостадийную систему, в которой последовательно реализуются операции заготовительного, обрабатывающего и сборочного производств. Понимание этой технологической последовательности является необходимым условием для идентификации критических точек контроля качества, мест взаимодействия с поставщиками комплектующих и зон ответственности различных участников интегрированной цепи создания стоимости.

На рисунке 3.2.3 представлена технологическая схема производства компрессора, отражающая основные этапы преобразования исходных материалов в готовую продукцию.

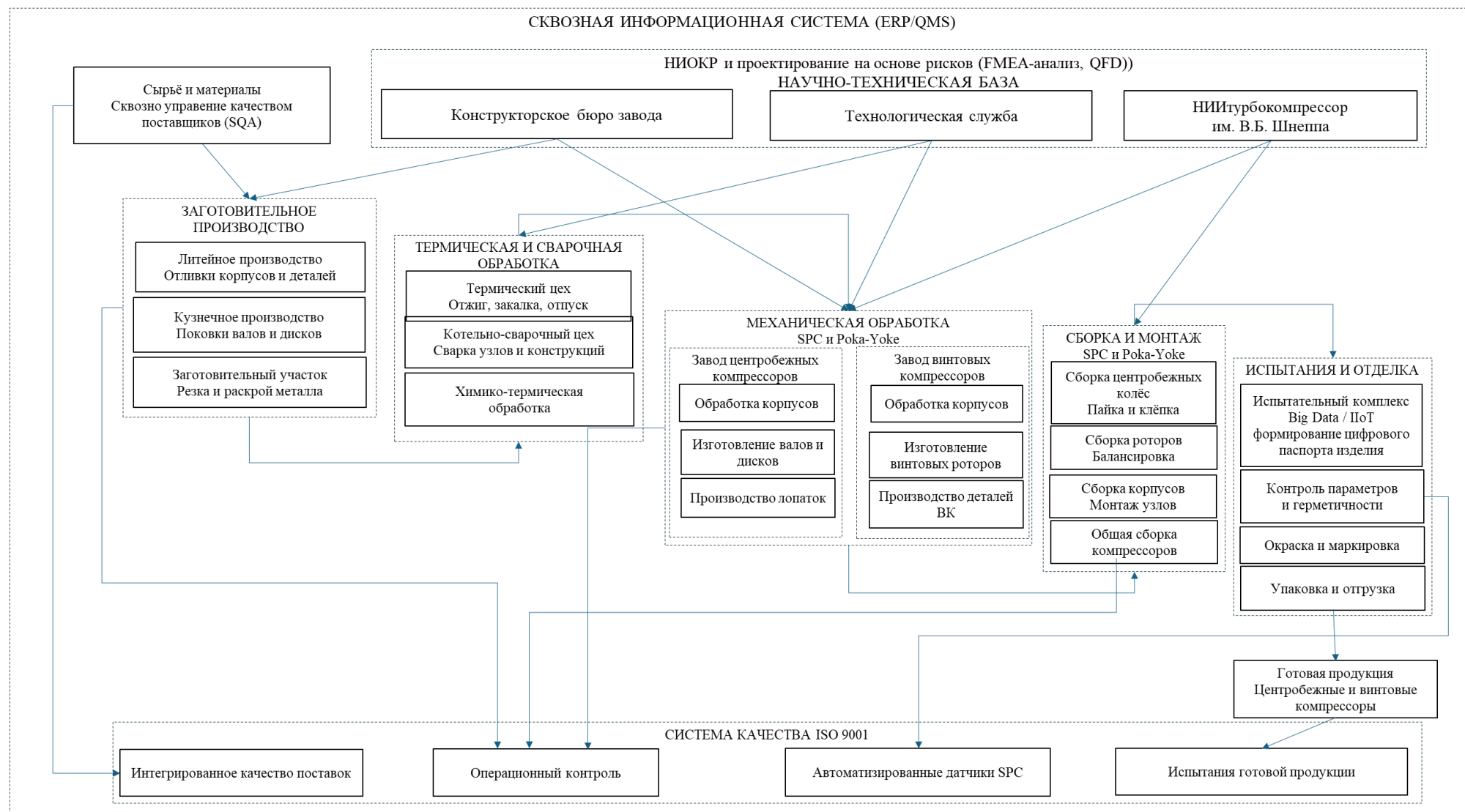


Рисунок 3.2.3 – Технологическая схема производства компрессора (разработана автором)

Представленная технологическая схема имеет принципиально важную особенность: она построена не как изолированное описание производственных переделов, а как элемент более широкой системы, интегрированной со сквозной информационной средой и системой качества. В верхней части схемы расположен ключевой элемент – «Сквозная информационная система», которая пронизывает все этапы производственного процесса, обеспечивая сбор, обработку и передачу данных между различными стадиями производства и управления. Слева выделен блок «Проектирование на основе рисков (FMEA)», подчеркивающий, что управление качеством начинается не на этапе контроля готовой продукции, а на стадии конструкторской разработки, где идентифицируются потенциальные риски отказов и дефектов. В правой части схемы размещен блок «Система качества ISO 9001», который включает операционный контроль, автоматизированные датчики статистического управления процессами (SPC) и испытания готовой продукции, что обеспечивает замкнутый цикл управления качеством на всех этапах производства.

Научно-техническая база представлена двумя взаимосвязанными элементами: конструкторским бюро завода, отвечающим за текущее сопровождение производства и адаптацию конструкторской документации под технологические возможности, и АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», выполняющим функции головного разработчика новых изделий и технологий. Такое разделение позволяет сочетать оперативность реагирования на текущие производственные задачи с глубиной проработки перспективных разработок.

Рассмотрим последовательность технологических переделов, представленную на схеме. Заготовительное производство является начальным этапом технологической цепи и включает три основных направления. Литейное производство обеспечивает получение отливок корпусов и других сложных деталей, требующих конфигурации, близкой к готовому изделию. Кузнечное производство специализируется на изготовлении поковок валов и дисков — ответственных деталей, работающих в условиях высоких нагрузок и требующих высокого качества исходного металла. Заготовительный участок выполняет

операции резки и раскроя металлопроката, подготавливая материал для последующей механической обработки. На данном этапе критически важным является входной контроль сырья и материалов (металлопроката, чугуна, стали), качество которых в значительной степени определяет свойства готовых деталей. Именно здесь закладываются первые связи с поставщиками первого уровня, входящими в межотраслевой кластер, который будет подробно рассмотрен в главе 4 при анализе модернизированной конфигурации цепи поставок.

Термическая и сварочная обработка представляет собой комплекс операций, формирующих физико-механические свойства деталей. Термический цех выполняет отжиг, закалку и отпуск, изменяя структуру металла для достижения требуемой твердости, прочности и вязкости. Котельно-сварочный цех обеспечивает соединение узлов и конструкций, формируя неразъемные соединения с заданными прочностными характеристиками. Химико-термическая обработка (азотирование, цементация и др.) позволяет изменять свойства поверхностных слоев деталей, повышая износостойкость и усталостную прочность. Параллельно ведутся специализированные производства валов, дисков и лопаток, требующие особых технологических режимов. Качество проведения термических и сварочных операций в значительной степени зависит от стабильности технологических процессов и точности соблюдения режимов, что обеспечивается системой статистического управления процессами (SPC), элементы которой обозначены на схеме.

Механическая обработка является одним из наиболее протяженных и трудоемких этапов производства. На схеме выделены два специализированных направления: завод центробежных компрессоров и завод винтовых компрессоров, что отражает продуктовую специализацию предприятия. В рамках этих производств осуществляются обработка корпусов (расточка, фрезерование, сверление), изготовление винтовых роторов (сложнопрофильных деталей, требующих высокоточного оборудования) и производство прочих деталей для винтовых компрессоров. Точность механической обработки является

критическим фактором, определяющим эксплуатационные характеристики компрессора – производительность, КПД, виброактивность, ресурс. На этом этапе активно применяются автоматизированные датчики SPC, обеспечивающие непрерывный контроль размеров и геометрических параметров в процессе обработки.

Сборка и монтаж представляют собой этап, на котором из множества деталей и узлов формируется готовое изделие. Схема выделяет несколько специализированных сборочных операций: сборку центробежных колес (ответственных роторных узлов), пайку и клепку, изготовление винтовых роторов (на данной стадии происходит их финальная доводка и комплектация), производство деталей винтовых компрессоров. Особое внимание на этом этапе уделяется методам защиты от непреднамеренных ошибок – Poka-Yoke, что отражено в соответствующей пометке на схеме. Применение этих методов позволяет исключить возможность неправильной сборки за счет конструктивных и организационных решений.

Сборка корпусов и общая сборка компрессоров являются завершающими сборочными стадиями, на которых производится монтаж всех узлов в корпусные детали, подключение систем, регулировка и настройка. Ключевым элементом этого этапа является контроль параметров и герметичности, что обеспечивает проверку работоспособности собранного изделия перед проведением испытаний.

Завершает производственный цикл упаковка и отгрузка готовой продукции – центробежных и винтовых компрессоров, прошедших все стадии изготовления и контроля.

Принципиальной особенностью представленной схемы является ее «пронизанность» элементами системы качества и информационного обмена. Автоматизированные датчики SPC, размещенные на ключевых технологических операциях, обеспечивают сбор данных о параметрах процессов в режиме реального времени, что позволяет оперативно выявлять отклонения и предотвращать возникновение дефектов. Операционный контроль осуществляется на

всех стадиях производства, обеспечивая проверку соответствия продукции и полуфабрикатов установленным требованиям. Завершающим этапом выступают испытания готовой продукции, подтверждающие работоспособность и соответствие компрессоров техническим условиям.

Сквозная информационная система выполняет интеграционную функцию, связывая все этапы производственного процесса в единое информационное пространство. Она обеспечивает передачу данных от автоматизированных датчиков в системы анализа, доведение конструкторской и технологической документации до рабочих мест, фиксацию результатов контроля и испытаний, формирование электронного паспорта изделия. Именно эта система создает основу для реализации цифровой петли обратной связи, которая будет подробно рассмотрена в главе 4 при описании модернизированной конфигурации цепи поставок.

Таким образом, представленная технологическая схема производства компрессоров выступает не просто как иллюстрация производственного процесса, но и как фундаментальная основа для построения интегрированной системы менеджмента, охватывающей всех участников цепи поставок – от поставщиков сырья до конечных потребителей. Дальнейшее исследование будет направлено на разработку механизмов, обеспечивающих сквозное управление качеством на всех этапах этой сложной, многоуровневой системы.

Создание интегрированной системы менеджмента в цепях поставок прошло длительный этап эволюции и продолжает развиваться до сих пор под влиянием новых требований, например, к достижению целей устойчивого развития, риск-ориентированного управления и т.п. В целом можно обозначить три ступени эволюции модели управления качеством процессов производства и продукции:

- стандартизация процессов;
- рационализация процессов;
- интеграция процессов.

Эволюция моделей управления качеством процесса производства имела следующую хронологическую последовательность:

1920-1940 гг. – приемочный контроль качества;

1930-1960 гг. – статистический контроль качества;

1960-1980 гг. – всеобщий контроль качества;

1980-2000 гг. – всеобщий менеджмент качества.

На данном этапе концепция TQM не теряет своей актуальности, но приобретает новое содержание. Ее главной задачей становится формирование на предприятиях эффективной и качественной системы управления, что требует установления долгосрочных целей и проведения стратегического анализа. Другими словами, настоящий этап можно охарактеризовать как стратегический менеджмент качества.

Следовательно, прослеживается закономерность эволюции моделей менеджмента качества от отдельных процессов к целостным системам, что свидетельствует о нарастании их сложности, комплексности, интегрированности (рисунок 3.2.4).

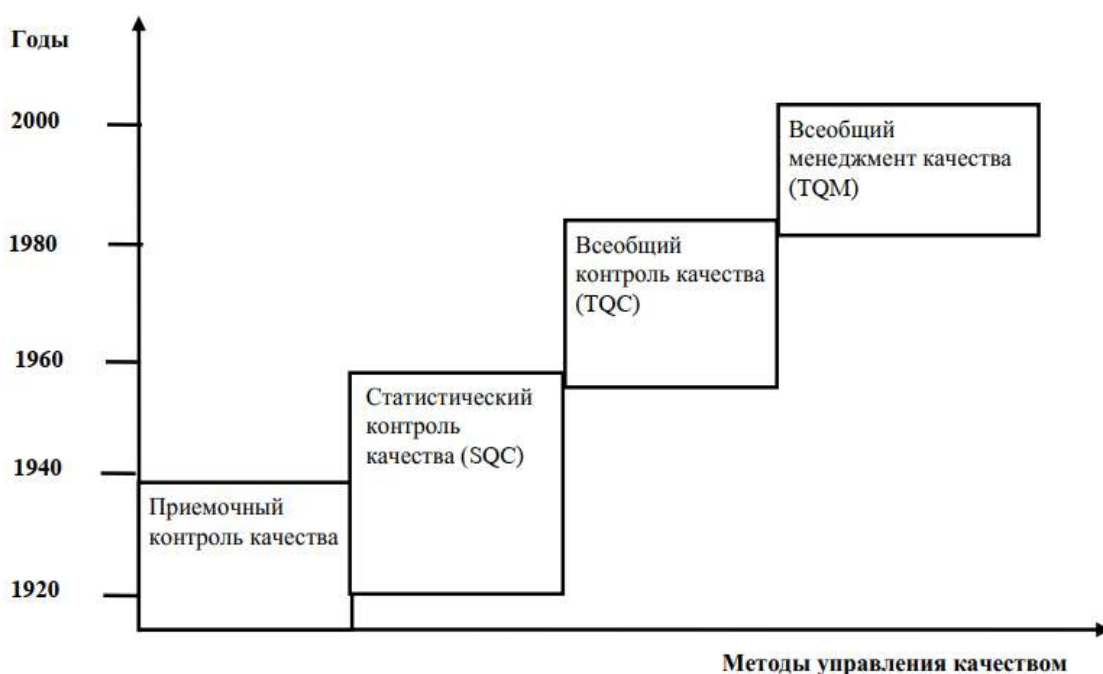


Рисунок 3.2.4 – Эволюция моделей в области управления качеством процессов производства и продукции [123]

Согласимся с мнением исследователей в области эволюции моделей качества процессов производства [158,187,294,297], которые рассматривают в качестве исходной точки стандарт ISO 9001 для создания модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок. Последующим этапом выступает построение матрицы интегрированной системы менеджмента, которая позволяет выявить схожие элементы управления качеством среди различных стандартов, а также локальных требований к системе менеджмента качества на предприятиях и в организациях, которые входят в интегрированную цепь создания стоимости промышленной продукции. Для объекта нашего исследования таковыми будут выступать предприятия и организации, интегрированные в машиностроительную отрасль, включая научно-исследовательские организации, ВУЗы, инжиниринговые центры и т.п., которые осуществляют взаимодействие с машиностроительными предприятиями. Следующим шагом является интеграция процедур и процессов в рамках интегрированной цепи создания стоимости в машиностроительной отрасли. Заключительным этапом выступает достижение непрерывного улучшения интегрированной системы менеджмента, ее постоянное совершенствование, что, в итоге, способствует формированию единого стандарта менеджмента качества процессов и продукции.

Так, ИСО 9001:2015 «Система менеджмента качества» устанавливает общие положения системы менеджмента качества, принципы менеджмента качества, описывает процессный подход к управлению качеством на основе цикла «Планируй – Делай – Проверяй – Действуй» и риск-ориентированного мышления, демонстрирует связь с прочими стандартами, используемыми для систем менеджмента качества продукции и процессов: ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Система экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» формирует общие положения и цель системы экологического менеджмента, а также факторы успеха реализации экологической политики на предприятии; ГОСТ Р ИСО 45001-2020 «Системы менеджмента безопасности

труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению» формирует общие положения и цель системы менеджмента промышленной безопасности и охраны здоровья, а также факторы успеха реализации политики промышленной безопасности и охраны здоровья на предприятии.

Заинтересованными сторонами интегрированной системы менеджмента выступают:

- потребители всех уровней;
- акционеры;
- поставщики всех уровней;
- работники предприятий машиностроительного предприятия и других организаций, сотрудничающих с ним в рамках создания этапов жизненного цикла выпускаемой продукции;
- государство;
- общество (рисунок 3.2.5).



Рисунок 3.2.5 – Круг заинтересованных сторон интегрированной системы менеджмента [123]

Следует указать, что в настоящее время в литературе [127,139,150,267], посвященной проблематике совершенствования систем управления качеством, понятие «интегрированной системы управления качеством» предполагает исключительно интеграцию российских и международных стандартов качества по управлению процессами производства, экологический менеджмент, охрану и безопасность труда. Однако, принимая во внимание усиление коллаборации между участниками цепочек создания стоимости промышленной продукции, уместно говорить не только об интеграции систем менеджмента качества с позиции макроуровня управления, но и также использовать микроуровень управления качеством продукции и процессов. Для этого устанавливаются локальные требования к системе менеджмента качества на отдельных предприятиях машиностроительной отрасли, предприятиях-поставщиках, предприятиях-потребителях, инжиниринговых центрах, научно-исследовательских организаций и т.п., участвующих в определенных этапах жизненного цикла выпускаемой продукции.

Кроме того, считаем целесообразным, учитывая нарастающую неопределенность в экономической сфере, необходимость актуализации вопросов достижения технологического суверенитета и повышения уровня национальной безопасности, рассматривать ИСМ более широко, как систему, в которой наряду с общепринятыми системами, регламентирующими качество процессов, экологический менеджмент, менеджмент безопасности и охраны труда, в качестве обязательных составных частей должны присутствовать системы менеджмента информационной и промышленной безопасности.

Таким образом, составляющими интегрированной системы менеджмента в цепях поставок выступают качество процессов и продукции, экологический менеджмент, безопасность и охрана труда, которые формируются под воздействием общих и специфических требований к модели управления качеством в рамках проектирования интегрированной цепи создания стоимости.

Интегрированная система менеджмента в цепях поставок – это многоуровневая, динамически адаптируемая организационно-управленческая система сквозной координации участников межотраслевой кооперационной цепи создания ценности, функционирующая как единый научно-производственный механизм на основе гармонизации требований национальных и международных стандартов, а также отраслевых и локальных регламентов, обеспечивающая устойчивое инновационное развитие предприятий, минимизацию операционных рисков и достижение технологического суверенитета в условиях высокой неопределенности внешней среды.

В отличие от традиционного подхода, ограничивающего ИСМ триадой стандартов (качество ISO 9001, экология ISO 14001, охрана труда ISO 45001), в диссертационном исследовании обосновано расширение границ ИСМ.

В условиях нарастания геозэкономических вызовов, необходимости обеспечения национальной безопасности и жестких требований к технологическому суверенитету, в состав ИСМ в качестве обязательных инвариантных компонентов интегрированы:

1. Система менеджмента информационной безопасности (в соответствии с ISO/IEC 27001): критически необходима в эпоху сквозной цифровизации, внедрения единых PLM-платформ и защиты интеллектуальной собственности от киберугроз в распределенных производственных сетях.

2. Система менеджмента промышленной безопасности (в соответствии с ISO 45001 / ФЗ-116): обеспечивает непрерывность производственных циклов высокотехнологичного оборудования и демпфирует риски техногенных аварий на пределе проектных мощностей предприятий.

Эффективность разработанной модели ИСМ ЦП базируется на семи фундаментальных принципах, определяющих характер межотраслевого взаимодействия:

1. Гармонизация и баланс интересов заинтересованных сторон. Достижение синергетического эффекта и увязка стратегических целей всех участников цепи для перехода от конкуренции отдельных предприятий к конкуренции интегрированных цепей создания стоимости.

2. Вовлеченность персонала. Интеграция человеческого капитала внутренней и внешней среды под координирующим воздействием фокусного предприятия («ядра» цепи создания ценности) для реализации единой политики в области качества.

3. Превентивное риск-ориентированное управление. Системное выявление, оценка и управление технологическими, логистическими и сырьевыми рисками на ранних стадиях жизненного цикла продукции, исключающее каскадный перенос несоответствий по технологической цепочке.

4. Процессно-стоимостной подход. Проектирование и непрерывная оптимизация сквозных процессов, непосредственно генерирующих ценность для потребителя, с рациональным распределением материальных, финансовых и информационных ресурсов.

5. Системный синергизм подсистем. Рассмотрение ИСМ ЦП как сложной структуры взаимосвязанных элементов, где локальные улучшения в рамках отдельных подсистем подчинены общей целевой функции - повышению глобальной эффективности и качества готового продукта.

6. Высокотехнологичная цифровизация (управление в контуре Индустрии 4.0). Использование сквозных цифровых инструментов (единых PLM-платформ, систем предиктивного мониторинга, имитационного моделирования), обеспечивающих прозрачность и скорость информационного обмена в реальном времени.

7. Сквозное управление жизненным циклом. Распространение жестких стандартов качества и экологического контроля на все фазы петли качества промышленной продукции – от фундаментальных материаловедческих исследований и разработок до утилизации и рециклинга.

По нашему мнению, построение модели интегрированной системы менеджмента включает следующие этапы. Построение модели интегрированной системы менеджмента необходимо начинать с выявления общих и локальных (специфических для конкретного предприятия или организации) требований к системе менеджмента качества. Структура данных требований включает проведение анализа и разработку единства таких категорий, как:

- промышленная политика и принципы ее реализации;
- система планирования ресурсов, времени, работ, планирование организационной структуры и распределение функциональных обязанностей, система стратегического, тактического и операционного планирования, построение «дерева целей», разработка системы ключевых показателей эффективности;
- внедрение и осуществление работы интегрированной системы менеджмента – управление ресурсами, документооборотом, выстраивание системы коммуникаций;
- оценка эффективности – внутренний и внешний аудит интегрированной системы менеджмента, проведение процедур мониторинга;
- непрерывное улучшение – бенчмаркинг, анализ причинно-следственных связей, разработка и внедрение программ совершенствования интегрированной системы менеджмента.

Таким образом, можно резюмировать, что подход к интеграции, положенный в основу создания интегрированной системы менеджмента, предполагает выполнение следующих условий:

- интегрированный подход к формулированию промышленной политики и системы целеполагания;
- интегрированный подход к управлению рисками и системой целей по ключевым показателям эффективности;
- интегрированный подход к выстраиванию процессов;
- интеграция документооборота, информационных ресурсов, информационных банков данных и баз знаний;

- интегрированный подход к разработке процедур и проведению аудита процессов;
- интегрированный подход к использованию информационно-коммуникационных технологий и цифровизации процессов производства и управления;
- интегрированный подход к разработке и проведению политики непрерывного улучшения.

Деятельность участников интегрированной системы менеджмента в цепях поставок промышленной продукции при формировании, внедрении и использовании интегрированной системы менеджмента невозможна без соответствующего документального обеспечения процессов коммуникации. В этой связи принципиально важно выделить требования к документальному оформлению интегрированной системы менеджмента.

Резюмируем основные преимущества разработки и внедрения модели интегрированной системы менеджмента для участников интегрированной цепи создания стоимости применительно к машиностроительной отрасли:

- 1) исключение дублирования процессов, функций, должностей и документации;
- 2) приведение к единому пониманию и представлению систем управления качеством, экологическим менеджментом, безопасностью и охраной труда, промышленной и информационной безопасностью;
- 3) повышение эффективности планирования, контроля и мониторинга процессов в цепи создания стоимости;
- 4) сокращение временного периода внедрения групп стандартов на предприятиях и в организациях-участниках интегрированной цепи создания стоимости;
- 5) повышение производительности работы информационных систем, производственных систем и персонала;
- 6) рост технологичности и наукоемкости разработок, внедрения и работы систем менеджмента качества;

7) формирование единой общепризнанной участниками интегрированной системы менеджмента в цепях поставок сбалансированной структуры управления в области качества;

8) сокращение издержек на проведение сертификации;

9) рост гибкости и адаптивности систем управления;

10) повышение привлекательности «вхождения» в цепи поставок продукции, рост инвестиционной привлекательности;

11) расширение возможностей по работе с государственным заказом.

Алгоритм построения интегрированной системы менеджмента включает следующие шаги:

1) определение подхода к построению интегрированной системы менеджмента;

2) определение базовой системы менеджмента качества;

3) анализ требований систем менеджмента, включенных в интегрированную систему менеджмента;

4) определение общих и специфических требований к интегрированной системе менеджмента;

5) закрепление процедур для реализации общих и специфических требований к интегрированной системе менеджмента;

6) документальное оформление общих и специфических требований к интегрированной системе менеджмента, включая формирование документов, процедур, записей, информационных систем и т.п.

Таким образом, обобщая, обозначим основные методологические подходы и концептуальные особенности, которые могут составлять базис формирования и внедрения интегрированной системы менеджмента в цепях поставок для участников применительно к машиностроительной отрасли:

– целью проектирования и использования интегрированной системы менеджмента в цепях поставок является приобретение преимуществ, которые обеспечивают оптимизацию процессов, достижение целей и удовлетворение

запросов потребителей при одновременном соблюдении требований международных (российских) стандартов в системах менеджмента качества, а также локальных (на микроуровне управления) требований к реализации политики в области качества, которые разработаны и приняты на предприятиях машиностроения, научно-исследовательских организациях, инжиниринговых центрах, ВУЗах, предприятиях-поставщиках и заказчиках, работающих с фокусным предприятием;

- интегрированная система менеджмента в цепях поставок включает виды деятельности по управлению качеством, экологическому менеджменту, обеспечению безопасности и охране труда, промышленной безопасности и информационной безопасности, формирующими взаимосвязь между ними и согласованные с системами целеполагания участников интегрированной цепи создания стоимости;

- в целях создания интегрированной системы менеджмента в цепях поставок следует использовать процессный и системный подходы к управлению, цифровизацию и автоматизацию процессов, риск-ориентированный подход к управлению, оценку эффективности на основе системы ключевых показателей эффективности, принципы и механизмы целеполагания;

- внедрение интегрированной системы менеджмента в цепях поставок может происходить различными вариантами, в том числе с параллельным внедрением международных (российских) стандартов в области качества, а также локальных требований политики в области качества предприятий и организаций-участников цепи создания стоимости в отрасли машиностроения;

- целесообразным видится возможность рассмотреть создание единого управляющего центра цепи создания стоимости для обеспечения управления системой менеджмента качества процессов производства и продукции от целей реализации политики в области качества.

3.3 Классификация стандартов менеджмента качества процессов производства продукции в цепи поставок при обеспечении технологической локализации производства

Качество процессов производства продукции регламентируется стандартами, устанавливающими требования к операциям, процессам, функциям, их исполнителям, предметам и средствам труда. Целями стандартизации являются повышение безопасности производства и недопущение брака. Частота аудита процессов производства определяется уровнем риска: процессы, характеризующиеся низким риском, реже подвергаются аудиту в сравнении с высокорисковыми производственными процессами. Стандарты служат нормативно-правовой основой принятия решений отделом технического контроля, на который возложена задача контроля качества в целях минимизации несоответствий и дефектов на всех стадиях производственного процесса [101].

Стратегической целью развития промышленных предприятий (включая отрасли машиностроения) является повышение конкурентоспособности, локализация производства, наращивание экспорта и, как следствие, одним из эффективных и распространённых инструментов повышения качества процессов производства явилось бережливое производство. Стратегия бережливого производства стандартизирована на федеральном уровне и воплощена в виде стандартов серии ГОСТ Р 56020 (основные положения), ГОСТ Р 56404 (требования к системам менеджмента), ГОСТ Р 56405 (процесс сертификации и процедура оценки), ГОСТ Р 56406 (аудит), ГОСТ Р 56407 (методы и инструменты), ГОСТ Р 56906 (организация рабочего места), ГОСТ Р 56907 (визуализация), ГОСТ Р 56908 (стандартизация) и т.д. [205].

Система управления качеством процессов производства продукции в цепи поставок при обеспечении технологической локализации производства и соответствующие стандарты формируются на основе интеграции компетенций экспертов различного профиля: промышленности, государства, научно-исследовательского сектора, образования. На рисунке 3.3.1 представлена

схема интеграции заинтересованных сторон в контексте разработки национального стандарта ГОСТ Р 56404–2021 «Бережливое производство. Требования к системам менеджмента» [205].

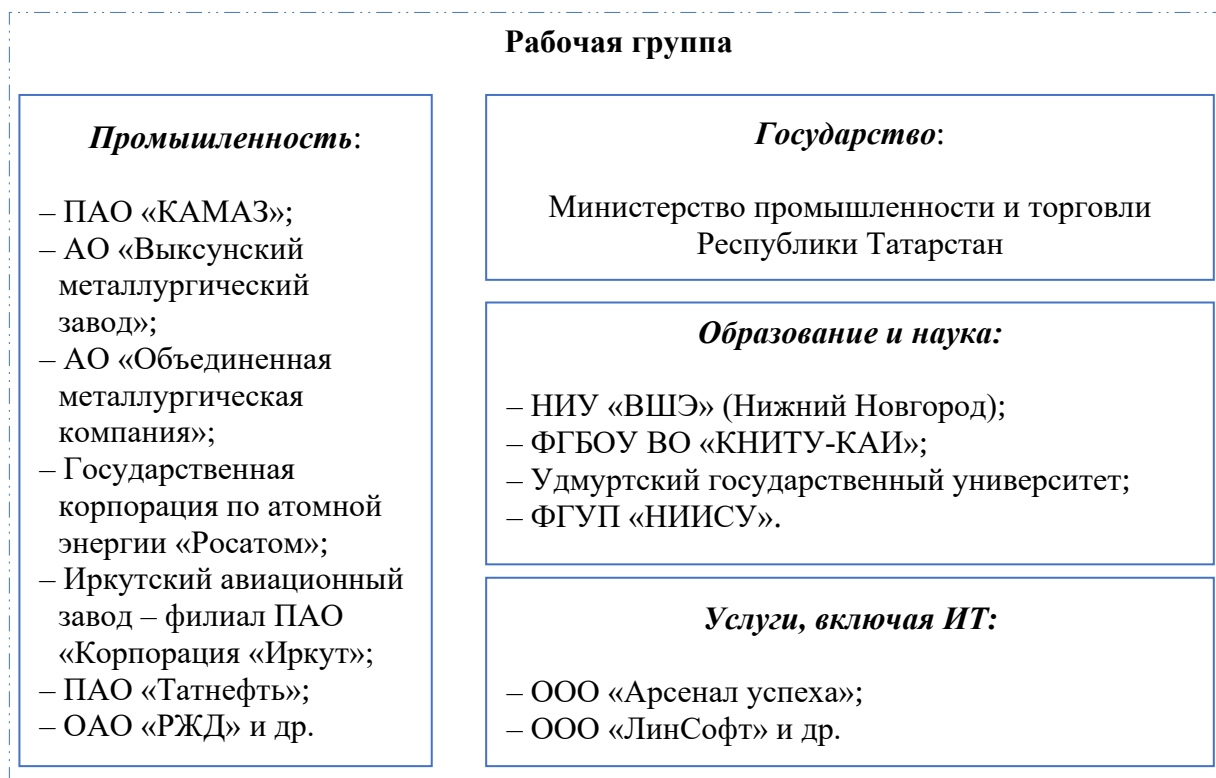


Рисунок 3.3.1 – Сетевое взаимодействие организаций в рамках разработки национального стандарта ГОСТ Р 56404–2021 (составлено по данным [205])

Разработанный стандарт является результатом сетевого взаимодействия ООО «Русский Регистр – Международная сертификация», ООО «Центр “Приоритет”» и рабочей группы, состав которой представлен организациями промышленности, образования и науки, услуг (консультационных, в сфере информационных технологий и др.).

Принимая во внимание широкий спектр организаций, определяющих стандарты и технические рекомендации по организации процессов производства, а также множество типов стандартов имеет место объективная необходимость классификации данной документации. Исследование данного вопроса частично нашло отражение в работах В. А. Сухомлина [227], К. С. Мышен-

кова, П. А. Павлова и С. А. Тонояна [169], но затрагивает лишь сферу информационных технологий и один критерий классификации – охват территории распространения. В диссертационном исследовании А. Д. Цисарского представлена классификация стандартов в области управления проектами в ракетно-космической промышленности: стандарты Международной ассоциации управления проектами, ИСО, ГОСТ Р, NASA, ECSS и DIN [256]. В результате аналитического исследования научных трудов резюмируется слабая представленность вопроса классификации стандартов управления качеством процессов производства продукции, что определило необходимость развития теоретического фундамента стандартизации и управления качеством.

В связи с вышесказанным и в целях систематизации нормативной документации предложено выделять 5 критериев классификации стандартов управления качеством процессов производства продукции: масштабы действия стандартов, отраслевой критерий, форма стандартизации, вид документации и аспект стандартизации.

1) Одним из ключевых критериев классификации стандартов управления качеством процессов производства продукции являются масштабы действия стандартов. В этой связи различают международные, региональные, национальные, корпоративные стандарты.

а) Среди международных стандартов наиболее распространенными являются стандарты серии ISO 9000 «Управление качеством», разработанные Международной организацией по стандартизации (ISO), в состав которой входят компетентные представители из 168 стран. Сертификация требуется тем предприятиям, которые планируют выходить на международный рынок. Примерами российских предприятий, обладающих сертификатами ISO 9001:2015, являются предприятия ПАО «КАМАЗ», АО «АВТОВАЗ», АО «Уралэлектромаш», ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «Газпром» и др.

Право на издание международных стандартов также имеют следующие международные организации:

– IEC (International Electrotechnical Commission, Международная электротехническая комиссия), в работе которой принимает участие более 170 стран; область стандартизации – электрические, электронные, информационно-коммуникационные технологии, используемые в разных сферах деятельности (здравоохранении, промышленном производстве, транспортной системе и т.д.) [290];

– ITU (The International Telecommunication Union, Международный союз электросвязи), объединяет 193 страны, сплоченных вокруг стандартизации функционирования и взаимодействия сетей электросвязи [291].

б) Региональные стандарты – это стандарты, принимаемые региональными организациями. К их числу относятся:

– межгосударственные стандарты ГОСТ (в частности, ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения»);

– европейские стандарты ЕН (EN), издаваемые Европейским комитетом по стандартизации (EN 9100:2018 «Требования к авиационным, космическим и оборонным организациям», EN 9102:2015 «Авиация и космонавтика. Системы качества. Контроль первого изделия» и др.) [282].

в) Национальные стандарты разрабатываются на федеральном уровне и распространяются на территории конкретной страны.

В России разработка национальных стандартов возложена на Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Категориями технической документации, принятыми в России, являются ГОСТ (стандарт, принятый на территории СССР) и ГОСТ Р (действующий в РФ).

Также к национальным стандартам, регламентирующим качество производства, относятся документы, разработанные и изданные следующими организациями [171]:

– DIN (Deutsches Institut für Normung, Немецкий институт по стандартизации), действует на территории Германии, но также при необходимости учитывается производителями других европейских стран (преимущественно соседствующими с Германией);

– BSI (British Standards Institution) – национальный орган по стандартизации Соединенного Королевства, разрабатывающий технические стандарты для обширного перечня продукции и услуг (строительство, машиностроение, химическая промышленность, здравоохранение и др.);

– ASTM International (American Society for Testing and Materials, Американское общество по испытанию материалов) – международная организация, функционирующая в США, издает добровольные технические стандарты;

– ONORM (Österreichisches Normungsinstitut, Австрийский институт по стандартизации), занятый разработкой национальных стандартов в Австрии;

– KSA (Korean Standards Association, Кореяская ассоциация стандартов) – отвечает за стандартизацию в промышленности Республики Корея, публикует корейские промышленные стандарты категории KS;

– GB/T (Guobiao) – национальные стандарты Китайской Народной Республики; стандарты категории GB являются обязательными, категории GB/T – рекомендованными;

– JISC (Japanese Industrial Standards Committee) – японский комитет промышленных стандартов, категория публикуемых стандартов – JIS и др.

Вместе с тем национальные стандарты опираются на положения международного стандарта ISO 9001:2015 «Quality management systems – Requirements». Как следствие, имеют место такие актуальные версии стандартов системы управления качеством, как ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [81], DIN EN ISO 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования (ISO 9001:2015) [283] и др.

г) Корпоративные стандарты (СТО, стандарты организации, СТП, стандарты предприятия) – документы, утверждаемые организацией, направленные

на повышение качества процессов и выпускаемой продукции, отвечающие федеральному законодательству о стандартизации. Предназначены для корпоративного использования, независимо от сферы деятельности.

В российской практике выделим опыт стандартизации крупных промышленных организаций:

– ПАО «Газпром» и соответствующие документы: СТО Газпром 9004-2007 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению»; СТО Газпром 9012-2010 «Системы менеджмента качества. Положение об Уполномоченной организации по внедрению комплекса стандартов ОАО «Газпром» на системы менеджмента качества и оценке систем менеджмента качества» и др. [181];

– ПАО «КАМАЗ»: СТП.37.104.41.05-2004 «Порядок проведения периодических испытаний изделий собственного производства»;

– АО «ОДК-Авиадвигатель» и внутренний стандарт СТП 602.01.018-20 «Управление рисками в области качества» и т.д.

2) Вторым критерием классификации стандартов следует обозначить отраслевой признак.

Если стандарты серии ISO 9000 носят кросс-отраслевой характер, то стандарты ИЕС и ITU являются узкопрофильными. Кроме того, различают стандарты, специфичные для отраслей промышленности: автомобилестроения, пищевой, текстильной промышленности, производства минеральных удобрений и др. Примеры отраслевых стандартов представлены ниже.

а) Стандарт QS 9000, разработанный крупнейшими в мире производителями автомобилей (General Motors, Chrysler и Ford) в 1994 году, отмененный в 2006 году и замененный на международный отраслевой стандарт SO/TS 16949, в 2016 году обновленный до документа IATF 16949:2016, регламентирует менеджмент качества производства продукции автомобильной промышленности (включая этапы проектирования, разработки, установки, обслуживания) [274]. В российской практике примером внедрения данного стандарта являются

ПАО «КАМАЗ», АО «Тольятти Комплект Авто», ООО «Точмаш-авто» и другие предприятия автомобильной промышленности.

Другим примером служат немецкие стандарты менеджмента качества VDA 6.X (Verband der Automobilindustrie, Союз автомобильной промышленности Германии), определяющие нормативные требования для производителей автомобилестроения и их поставщиков. В стандарте VDA 6.1 закреплены дополнительные требования к системе менеджмента качества (является базой стандарта IATF 16949:2016), в VDA 6.2 – требования к оказанию услуг производителю, в VDA 6.3 – к аудиту процессов, в VDA 6.4 – к поставщикам инструментов, устройств, оборудования [4].

б) AS 9100 «Системы менеджмента качества. Требования к авиационным, космическим и оборонным организациям» – международный стандарт, определяющий требования к системе менеджмента качества в аэрокосмической отрасли.

в) FSSC 22000 (Food Safety System Certification 22000) – стандарт по обеспечению качества (безопасности) продуктов питания, включая процессы получения сырья и производства готовой продукции.

г) Standard 100 by OEKO-TEX® – международный стандарт в области текстильной промышленности, регламентирующий контроль качества продукции на всех этапах производства на предмет отсутствия вредных веществ.

д) Стандарт Protect & Sustain – разработан Международной ассоциацией производителей минеральных удобрений (International Fertilizer Association, IFA), учитывает положения стандарта ISO 9001, охраны труда и экологического менеджмента.

В рамках стандартов ISO также можно выделить отраслевой критерий классификации [205]:

– нефтегазохимическая промышленность (ISO 29001:2020 «Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Отраслевые системы менеджмента качества. Требования к организациям, поставляющим продукцию и услуги»);

– производство медицинских изделий (ISO 13485:2016 «Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования»);

– авиакосмическая промышленность (ISO 27025:2023 «Авиакосмические системы. Программный менеджмент. Требования к обеспечению качества») и др.

3) В качестве третьего критерия выделим форму стандартизации и классификацию стандартов на добровольные и обязательные.

а) Обязательность стандарта к исполнению имеет место в том случае, когда он носит характер нормативного требования. Примером могут служить стандарты пищевой промышленности ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции»,

б) Добровольными признаются стандарты, которые носят справочный характер. Они являются результатом согласования заинтересованных сторон (разнопрофильных организаций и учреждений) на разных уровнях управления (международном, региональном или национальном), их интегрированного взаимодействия, охватывают лучшие практики, требования, в частности, к процессам производства. К ним относятся сертификация по бережливому производству (ГОСТ Р 56404), системе охраны труда (ISO 45001), экологического менеджмента (ISO 14001), энергетического менеджмента (ISO 50001) и др.

4) Весь спектр стандартов также можно классифицировать по виду документа на следующие основные категории [205]:

а) общие, основные положения, обзор (ISO 9000:2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»; ISO 8000-1:2022 «Качество данных. Часть 1. Обзор»);

б) руководства (ISO 10010:2022 «Менеджмент качества. Руководство по пониманию, оценке и улучшению организационной культуры качества»; ISO 10017:2021 «Менеджмент качества. Руководство по применению статистических методов в соответствии с ISO 9001:2015» и др.);

в) руководящие указания (ISO 10006:2017 «Менеджмент качества. Руководящие указания по менеджменту качества в проектах»; ISO/TS 9002:2016 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ISO 9001:2015» и др.);

г) рекомендации (ISO 10001:2018 «Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Рекомендации по правилам поведения для организаций»);

д) требования (ISO 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования»; ISO/IEC 25001:2014 «Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Планирование и менеджмент» и др.).

5) В контексте управления качеством все стандарты классифицируются по аспектам стандартизации [205]:

- основополагающие стандарты – документы, содержащие общие, основные положения, терминологию (ГОСТ Р 1.12-2020 «Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения»; ГОСТ Р 57522-2017 «Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства» и др.);

- стандарты на продукцию (услуги) (ГОСТ Р 55270-2018 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по применению при разработке и освоении инновационной продукции и услуг»; ГОСТ Р 58780-2019 «Ракетно-космическая техника. Программа обеспечения качества. Общие положения» и др.);

- стандарты на процессы (ГОСТ Р 56430-2015 «Система менеджмента качества. Изделия медицинские. Руководство по корректирующим и предупреждающим действиям и связанным процессам системы менеджмента качества»; ГОСТ Р 59994-2022 «Системная инженерия. Системный анализ процесса гарантии качества для системы» и др.);

- стандарты на методы контроля (ГОСТ Р 56214-2014 «Качество данных. Часть 1. Обзор»; ГОСТ Р МЭК 61193-3-2015 «Системы оценки качества. Часть

3. Выбор и использование планов выборочного контроля печатных плат и сложного материала как конечной продукции, а также во время технологического процесса» и др.).

Система классификации стандартов как результат авторского обзорного исследования представлена на рисунке 3.3.2.



Рисунок 3.3.2 – Классификация стандартов управления качеством процессов и продукции (систематизировано автором)

Проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. В существующей научной литературе классификация стандартов менеджмента качества представлена фрагментарно; ограничиваются сферой ин-

формационных технологий и единственным критерием (территория распространения). Комплексная классификация применительно к управлению качеством процессов производства в цепях поставок в научной литературе отсутствует.

2. Восполняя выявленный пробел, предложена классификация стандартов по пяти критериям: масштабы действия (международные, региональные, национальные, корпоративные); отраслевой признак (кросс-отраслевые, узкопрофильные, отраслеспецифичные); форма стандартизации (обязательные и добровольные); вид документации (основные положения, руководства, руководящие указания, рекомендации, требования); аспект стандартизации (основополагающие, на продукцию, на процессы, на методы контроля).

3. Предложенная типология создаёт инструментальную основу для решения следующих задач при обеспечении технологической локализации производства в машиностроении:

- выбор адекватной нормативной базы в зависимости от стратегии предприятия (выход на международный рынок требует сертификации по ISO 9001; работа в кооперации с автопроизводителями – IATF 16949 или VDA 6.X; участие в проектах технологического суверенитета – корпоративных стандартов головного интегратора);

- сопряжение разноуровневых стандартов при интегрированном взаимодействии предприятий в цепи поставок (например, согласование требований национальных ГОСТ Р, отраслевых и корпоративных СТО);

- идентификация приоритетных объектов стандартизации при проектировании системы менеджмента качества (что требует первоочередной разработки – стандартов на процессы, на методы контроля или на продукцию).

Разработанная классификация может быть расширена за счёт введения дополнительных критериев (например, по степени жёсткости требований, по этапам жизненного цикла продукции, по уровню риск-ориентированности), а

также может служить методологической базой для формирования реестра применимых стандартов при реализации конкретных проектов технологической локализации в компрессоростроении.

3.4 Создание и развитие интегрированных систем менеджмента в цепях поставок машиностроительных предприятий

Интеграция различных систем менеджмента в единое поле для управления производством позволяет повысить устойчивость и надежность производственной системы, оптимизировать расходы на производственные нужды и операционный менеджмент. На российских промышленных предприятиях стандартизированы подходы к созданию систем менеджмента качества, экологического менеджмента, безопасности и охраны труда. Указанные системы менеджмента подлежат сертификации, что дает предприятиям преимущества в работе с предприятиями – партнерами, и обязывает соблюдать принципы и перестраивать процессы производства согласно стандартам.

Предприятия различных отраслей машиностроения находятся на разных стадиях внедрения систем менеджмента, в том числе сертификации в рамках системы менеджмента одной направленности или их интеграции в единую модель. При наличии на предприятии нескольких сертификатов менеджмента существует практика их автономного использования, или объединение принципов и подходов к управлению производством в единую систему менеджмента. Та или иная модель функционирования систем менеджмента зависит от профессионального уровня и зрелости руководителей предприятия. Неграмотная интеграция автономных систем менеджмента качества может привести к системным проблемам организационного характера в управлении производством [251].

Вместе с тем практически все стандарты менеджмента предприятия имеют общие принципы и элементы, и функционирование данных систем бу-

дет наиболее эффективно при использовании универсального подхода и их интеграции в единое поле. Именно по этой причине многие предприятия стремятся объединить локальные стандарты в единую систему менеджмента и использовать ее в управлении производством с максимальной технической и экономической отдачей.

Как ранее отмечалось, среди множества систем менеджмента промышленных предприятий интегрированный менеджмент зачастую объединяет три стандарта: ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (система менеджмента качества), ГОСТ Р ИСО 14001-2016 (система экологического менеджмента) и ГОСТ Р ИСО 45001-2020 (системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья) [81,71,60]. В противоречие вышесказанного, последовательное или параллельное локальное внедрение указанных систем менеджмента на предприятии может порождать следующие проблемы в управлении производством:

- ввиду реализации нескольких проектов по сертифицированию производства в части менеджмента качества возможно повторение однотипных функций и процессов;
- бессистемность взаимосвязей между службами менеджмента качества экологического менеджмента и промышленной безопасности;
- значительный по времени период внедрения стандартов в организации, обусловленный поочередным согласованием документов, адаптацией новых принципов работы к функционалу служб заводоуправления и производства;
- завышенная потребность в ресурсах на реализацию проектов по сертифицированию производства.

Принципы интегрированной системы менеджмента на предприятиях машиностроения представлены на рисунке 3.4.1.



Рисунок 3.4.1 – Принципы интегрированной системы менеджмента на предприятиях машиностроения (обобщено автором по [64,61,173,126])

В случае интеграции стандартов менеджмента и их единого внедрения в корпоративную систему управления, организационные проблемы можно нивелировать, а впоследствии получить конкурентные преимущества по ряду направлений деятельности предприятия.

ИСМ основана на шести основных принципах, оговаривающих, во-первых, что принимаемые стандарты должны соответствовать законодательным требованиям и сочетаться с нормами технической документации производства.

Во-вторых, ИСМ характеризуется риск-ориентированным подходом к управлению предприятием, что дает ему преимущества противостоять внешним и внутренним возмущениям, предупреждать нештатные ситуации. Третий и четвертый принципы оговаривают процессный и системный подход к управлению предприятием, т.е. выстраивание производственной системы в виде группы или множества групп процессов. Предприятие рассматривается как производственная система, где осуществляются определенные взаимосвязанные процессы для достижения целей производства продукции. Выход ресурсов одного процесса может быть входом ресурсов для других процессов, в результате чего образуется сетевая структура или система процессов.

Следование пятому принципу подразумевает обязательное использование информации или баз данных о производстве для принятия управленческих решений, в том числе с использованием современных цифровых и информационных технологий. Шестой принцип – это непрерывное совершенствование системы управления производством, своевременный реинжиниринг бизнес-процессов и процессов основного производства [64].

Основываясь на данных рисунка 3.4.1, предлагаем концептуальную основу интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при реализации проектов обеспечения технологической локализации производства на машиностроительных предприятиях, в частности компрессоростроения (рисунок 3.4.2).

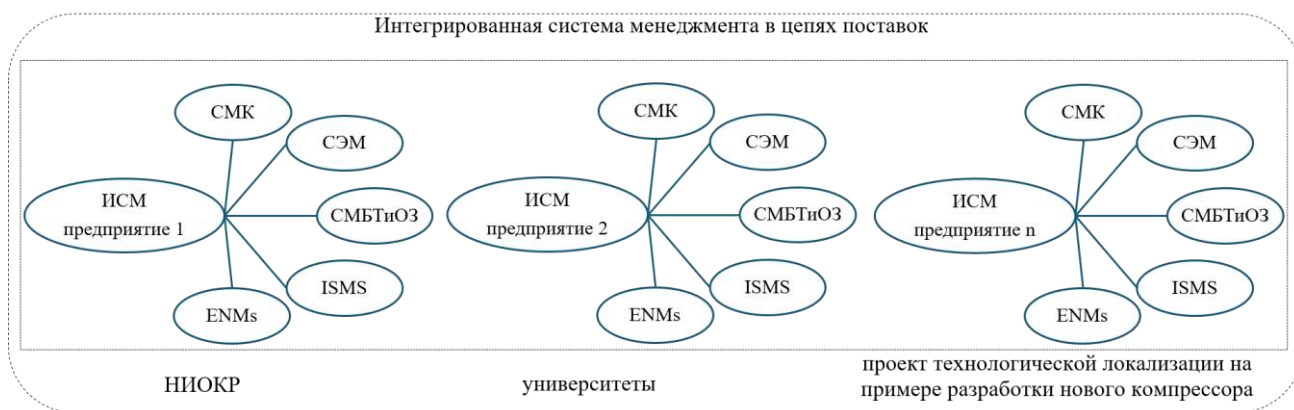


Рисунок 3.4.2 – Концептуальная основа интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при локализации производства на предприятиях машиностроения (разработана автором)

На отечественных промышленных предприятиях практика внедрения интегрированных систем менеджмента находится на начальном этапе. Наиболее распространено подтверждение соответствия локальным системам менеджмента. В таблице 3.4.1 приведены 12 стандартов на системы менеджмента, использование которых возможно на предприятиях машиностроения. Указанные стандарты частично, в зависимости от специфики производства, могут быть интегрированы в ИСМ. По данным Росстандарта на конец 2023 года на предприятиях сектора «Производство машин и оборудования» отмечено четыре вида стандартов по менеджменту организации:

- ИСО 9001 – система менеджмента качества (476 предприятия);
- ИСО 14001 – система управления охраной труда (77 предприятий);
- ИСО 45001 – система менеджмента охраны здоровья и безопасности труда (37 предприятий);
- ИСО 50001 – система энергетического менеджмента (3 предприятия).

Среди общего числа сертификатов систем менеджмента качества (ИСО 9001), зарегистрированных в российской промышленности, 11,45% принадлежит предприятиям по производству машин и оборудования. На стандарты в области экологического менеджмента, охраны труда и здоровья (ИСО 14001,

ИСО 45001) приходится 114 сертификатов и 3 сертификата на систему энергетического менеджмента. Статистика свидетельствует об ограниченном выборе направлений сертификации и небольшом их количестве. Вероятней всего, производители в силу необходимости поддержания связей с иностранными партнерами, вынужденно подтверждают соответствие ИСО 9001.

Таблица 3.4.1 – Развитие систем менеджмента на предприятиях по производству машин и оборудования в 2023 году (составлено автором по [244])

Стандарты на системы менеджмента	Число сертифицированных предприятий, единиц		Доля сертифицированных производств машин и оборудования в общем числе сертификатов, %
	Промышленные производства	Производства машин и оборудования	
ИСО 9001	4 159	476	11,45
ИСО 14001	979	77	7,87
ИСО 45001	546	37	6,78
ИСО 50001	136	3	2,21
ИСО/ЕС 27001	90	0	0
ИСО 22000	403	0	0
ИСО 13485	95	0	0
ИСО/ЕС 20000-1	15	0	0
ИСО 28000	11	0	0
ИСО 22301	2	0	0
ИСО 37001	6	0	0
ИСО 39001	1	0	0

Системы менеджмента охраны труда и здоровья можно отнести к «добровольной» или самоинициативной сертификации, без обязательств иметь международную сертификацию. Сертификаты по энергетическому менеджменту, вероятнее всего, принадлежат крупным производителям машин и оборудования, технически и экономически готовым к реструктуризации систем энергообеспечения производства.

В рамках диссертационного исследования была разработана и обоснована матрица приоритетности внедрения локальных стандартов менеджмента

(таблица 3.4.2), дифференцированная по стадиям машиностроительного производства. Научная новизна данного подхода заключается в использовании риск-ориентированного метода для определения последовательности внедрения стандартов в целях обеспечения технологической локализации.

Рассмотрим последовательность расстановки приоритетов для каждой стадии производства.

1. Заготовительное производство (литье,ковка, металлургия):

Для заготовительного этапа характерна наивысшая степень влияния на качество конечного продукта через процесс «наследования» дефектов.

Высокий приоритет отдан стандартам ISO 9001, ISO 45001. Первоочередное внедрение ГОСТ Р ИСО 9001 обусловлено критическим риском скрытых дефектов (пор, трещин, ликваций), которые могут быть обнаружены лишь на финальных стадиях обработки, что ведет к значительным финансовым потерям. Параллельно, заготовительные цеха являются зонами повышенной опасности (наличие высоких температур, тяжелого прессового оборудования), что делает внедрение ГОСТ Р ИСО 45001 обязательным требованием для предотвращения производственного травматизма и обеспечения непрерывности процессов.

Средний приоритет имеют стандарты ISO 56020, ISO 30401. Бережливое производство здесь направлено на оптимизацию материальных потоков и снижение объемов незавершенного производства. Менеджмент знаний необходим для сохранения уникальных рецептур сплавов и режимов термообработки.

Низкий приоритет у стандартов ISO 14001, ISO 26000. Экологический менеджмент и социальная ответственность рассматриваются как поддерживающие факторы, направленные на минимизацию экологической нагрузки металлургических переделов и поддержание имиджа предприятия.

Таблица 3.4.2 – Локальные стандарты на системы менеджмента и последовательность их внедрения по стадиям машиностроительного производства (обобщено автором)

Уровень риска	Заготовительное производство (литье, ковка, металлургия)	Механическая обработка (токарка, фрезеровка, ЧПУ)	Сборочное производство (сборка, испытания, регулировка)
ВЫСОКИЙ (угроза жизни, остановка производства, экокатастрофа)	1. ГОСТ Р ИСО 9001 (Менеджмент качества) – риск скрытых дефектов заготовок, соответствие требуемым характеристикам	1. ГОСТ Р ИСО 9001 (Менеджмент качества) – точность, соответствие требуемым характеристикам	1. ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний) – передача ноу-хау сборки (SOP, FMEA)
	2. ГОСТ Р ИСО 45001 (Безопасность труда) – травматизм, профзаболевания	2. ГОСТ Р 56020 (Бережливое производство) – риски неэффективной загрузки, долгих переналадок (SMED) и не рационального расхода режущего инструмента	2. ГОСТ Р ИСО 9001 (Менеджмент качества) – соответствие требуемым характеристикам
СРЕДНИЙ (потеря конкурентоспособности, качества)	3. ГОСТ Р 56020 (Бережливое производство) – избыток запасов, ожидание	3. ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний) – компетенции операторов ЧПУ	3. ГОСТ Р ИСО 45001 (Безопасность труда) – испытания под давлением, нагрузки
	4. ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний)	4. ГОСТ Р ИСО 45001 (Безопасность труда) – травматизм, профзаболевания	4. ГОСТ Р 56020 (Бережливое производство) – сроки сборки, затоваривание склада запчастями
НИЗКИЙ (поддерживающий, имиджевый)	5. ГОСТ Р ИСО 14001 (Экология) 6. ГОСТ Р ИСО 26000 (Социальная ответственность)	5. ГОСТ Р ИСО 14001 (Экология) 6. ГОСТ Р ИСО 26000 (Социальная ответственность)	5. ГОСТ Р ИСО 14001 (Экология – упаковка, масла) 6. ГОСТ Р ИСО 26000 (Социальная ответственность)

2. Механическая обработка (токарная, фрезерная обработка, ЧПУ):

На данном этапе формируется добавленная стоимость через высокоточную доводку геометрии и параметров поверхностей.

Высокий приоритет у стандартов ISO 9001, ISO 56020. Внедрение ГОСТ Р ИСО 9001 связано с необходимостью строгого соблюдения допусков и посадок. Однако, в отличие от заготовительного этапа, здесь в зону высокого риска переходит бережливое производство (ГОСТ Р 56020). Это связано с высокой стоимостью машино-часа оборудования с ЧПУ и дороговизной режущего инструмента. Неэффективная загрузка станков и долгие переналадки являются критическими рисками для себестоимости.

Средний приоритет имеют стандарты ISO 30401, ISO 45001. Менеджмент знаний приобретает статус среднего риска в связи с дефицитом квалифицированных наладчиков и программистов ЧПУ. Безопасность труда здесь важна, но риски более локализованы по сравнению с литейным производством.

Низкий приоритет у стандартов ISO 14001, ISO 26000. Экологические аспекты связаны преимущественно с утилизацией смазочно-охлаждающих жидкостей и металлической стружки.

3. Сборочное производство (сборка, испытания, регулировка):

Сборочный этап является финальным этапом формирования качества.

Высокий приоритет на данной стадии производства у стандартов ISO 30401, ISO 9001. ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний) в данном случае находится на первом месте по приоритетности. Сборка сложного оборудования (в том числе компрессоров) – это процесс, критически зависимый от знаний, навыков и умений сборщиков. Утрата этих компетенций или ошибки в передаче опыта ведут к фатальным последствиям для качества изделия. Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001 обеспечивает итоговую верификацию соответствия продукта требованиям заказчика.

Средний приоритет отдан стандартам ISO 45001, ISO 56020. Риски безопасности на этом этапе связаны с проведением испытаний под давлением и

нагрузкой, что требует жесткого соблюдения регламентов. Бережливое производство направлено на синхронизацию поставок комплектующих и предотвращение затоваривания склада готовой продукции.

Низкий приоритет у стандартов ISO 14001, ISO 26000. Экологический менеджмент фокусируется на стандартах упаковки и процедурах утилизации расходных материалов после испытаний.

Предложенная иерархия демонстрирует, что для обеспечения качества готового изделия следует обязательно применять риск-ориентированный подход. В рассматриваемом случае для стадии заготовок приоритет заключается в стабильности материалов и обеспечении безопасности людей; для механической обработки приоритет состоит в точности и экономической эффективности процессов (например, время работы станков); для сборки – в сохранении интеллектуального капитала работников и итоговом качестве изделия.

Такая иерархия позволяет предприятиям при локализации производства поэтапно минимизировать наиболее критические угрозы, обеспечивая технологическую устойчивость машиностроительного комплекса.

Однако описанная последовательность представляет собой качественную (порядковую) оценку приоритетов. Для практического принятия решений в условиях ограниченных ресурсов (временных, финансовых, кадровых) при реализации проектов технологической локализации требуется количественный инструмент, позволяющий не только определить очерёдность внедрения, но и оценить обоснованность выбора каждого стандарта по совокупности критериев. В таблице 3.4.3 представлена авторская методика ранжирования стандартов для сборочного производства компрессорного оборудования, базирующаяся на интегральной оценке по четырём критериям: влияние на технологический суверенитет, уровень снижения рисков локализации, экономическая эффективность внедрения и скорость достижения результата.

Таблица 3.4.3 – Методика ранжирования стандартов для сборочного производства компрессорного оборудования (разработана автором)

Этап методики	Описание	Применение для сборочного производства компрессоров
1.Выбор показателей для ранжирования	Определяются ключевые критерии, по которым будет оцениваться каждый стандарт	1. K_tech – критичность для технологии (передача ноу-хау, точность воспроизведения) 2. K_risk – риск промышленной безопасности (угроза жизни и оборудованию) 3. K_econ – влияние на себестоимость и потери (минимизация издержек) 4. K_leg – репутационно-правовое соответствие (законодательные и экологические нормы)
2.Обоснование выбора показателей	Раскрывается значимость каждого критерия в контексте конкретного производства	K_tech: Локализация компрессора требует переноса конструкторской документации; без менеджмента знаний информация искажается или теряется. K_risk: Сборка и испытания компрессоров (высокое давление, вращающиеся узлы) – зона повышенной опасности. K_econ: Сотни деталей в компрессоре создают риски логистических ошибок и излишних запасов; бережливое производство купирует эти риски. K_leg: Экология и социальная ответственность важны, но являются «поддерживающими» факторами.
3.Экспертная оценка	Каждому стандарту присваиваются баллы от 1 до 5 по четырем показателям	Пример оценки (условные баллы): ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний): K_tech=5, K_risk=3, K_econ=4, K_leg=2 ГОСТ Р ИСО 45001 (Безопасность труда): K_tech=2, K_risk=5, K_econ=3, K_leg=3 ГОСТ Р 56020 (Бережливое производство): K_tech=3, K_risk=2, K_econ=5, K_leg=2 ГОСТ Р ИСО 14001 (Экология): K_tech=1, K_risk=3, K_econ=2, K_leg=5
4.Расчет весовых коэффициентов (α_i)	Определяется значимость каждого стандарта для итогового результата локализации K(t)	Используется мультипликативная модель: $K(t) = q_1(t)^{\alpha_1} \times q_2(t)^{\alpha_2} \times \dots \times q_n(t)^{\alpha_n}$ Чем выше степень α, тем сильнее показатель q влияет на итоговый результат K.
5.Ранжирование стандартов	Стандарты выстраиваются в очередь внедрения в зависимости от их веса (α_i)	Приоритет 1 (α максимальный): ГОСТ Р ИСО 30401 (Менеджмент знаний) – без технологической компетенции итоговый результат K(t) обнуляется. Приоритет 2 (α высокий): ГОСТ Р ИСО 45001 (Безопасность труда) – риск аварий блокирует производство. Приоритет 3 (α средний): ГОСТ Р 56020 (Бережливое производство) – влияет на конкурентоспособность, но не останавливает процесс. Приоритет 4-5 (α низкий): ГОСТ Р ИСО 14001 (Экология) и ГОСТ Р ИСО 26000 (Социальная ответственность) – поддерживающие функции.

Ключевая формула методики имеет следующий вид:

$$K(t) = q_1(t)^{\alpha_1} \times q_2(t)^{\alpha_2} \times \dots \times q_n(t)^{\alpha_n}, \quad (3.4.1)$$

где $K(t)$ – интегральный показатель успешности локализации сборочного производства;

$q_1 \dots q_4$ – значения по выбранным показателям (K_tech , K_risk , K_econ , K_leg);

$\alpha_1 \dots \alpha_4$ – весовые коэффициенты, определяющие приоритетность стандарта.

Если стандарт с наивысшим α (менеджмент знаний) не внедрен и $q_1 = 0$, то весь интегральный показатель $K(t) = 0$, независимо от значений по другим показателям. Это математическое обоснование того, почему передача технологических компетенций должна быть первым приоритетом при локализации.

Таким образом, предложенная последовательность внедрения стандартов на сборочном производстве компрессорного оборудования отражает логику управления рисками технологической локализации. Такой подход обеспечивает устойчивость локализационного проекта, минимизируя вероятность критических отказов на каждом этапе его реализации.

Сформированная последовательность внедрения стандартов позволяет предприятию рационально распределить ресурсы на этапе проектирования локальных систем управления. Однако для достижения стратегических целей технологического суверенитета и обеспечения доверия со стороны заинтересованных сторон, реализация данных требований должна получить официальное подтверждение. Это обуславливает необходимость рассмотрения процедур сертификации систем менеджмента качества как инструмента подтверждения соответствия установленным национальным и международным нормам.

Экспертная оценка представителей машиностроительных предприятий показывает, что сертификат менеджмента качества имеет каждое российское предприятие отрасли машиностроения, 89% предприятий – внедрили систему

экологического менеджмента, 70% – систему менеджмента безопасности труда и охраны здоровья, 22% – систему энергетического менеджмента (рисунок 3.4.3).

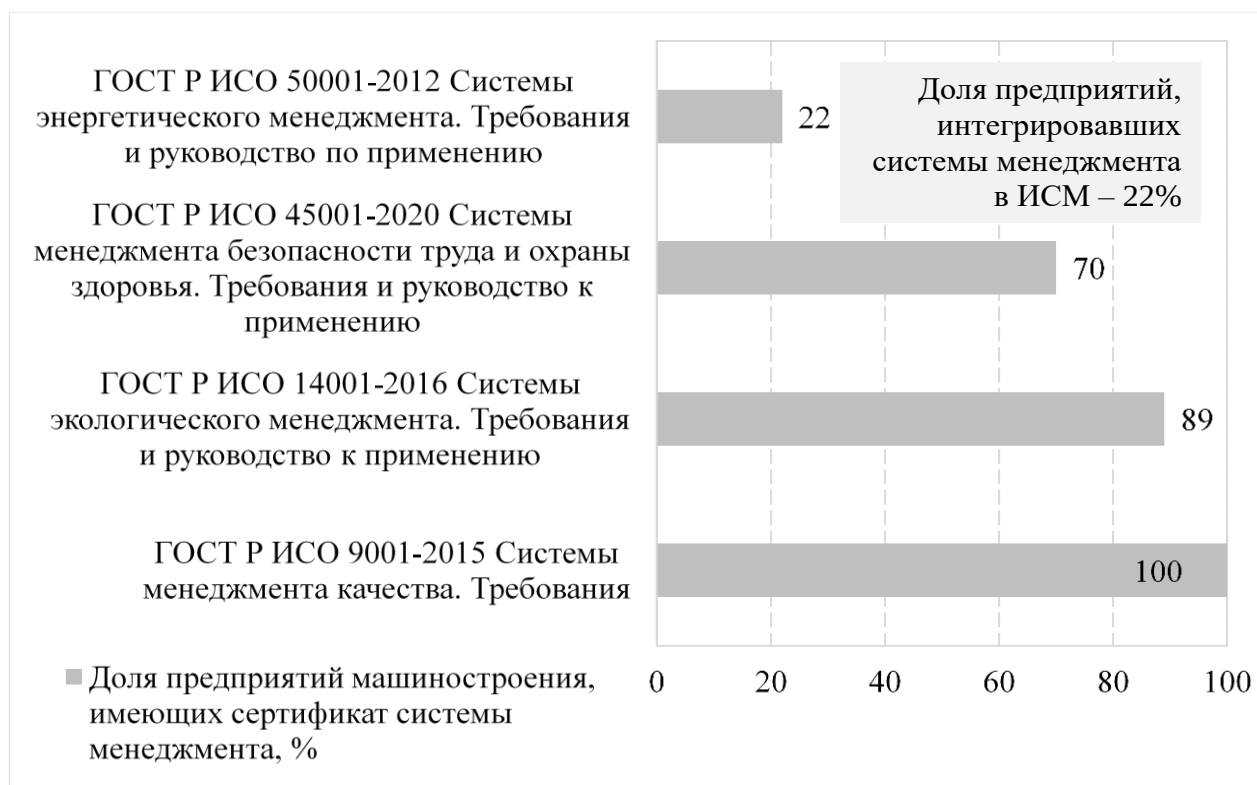


Рисунок 3.4.3 – Уровень развития локальных и интегрированных систем менеджмента на предприятиях машиностроения (составлено автором по данным [244])

По результатам опроса, 22% предприятий машиностроения интегрировали локальные системы менеджмента в интегрированную систему менеджмента. Вероятнее всего, это предприятия, имеющие в том числе сертификат системы энергетического менеджмента и вышедшие на уровень использования в управлении производством сложных систем.

Современный рынок насосного и компрессорного оборудования характеризуется высокой конкуренцией и растущими требованиями заказчиков к энергоэффективности, надежности и общей стоимости владения. В этих условиях традиционные подходы к проектированию и управлению качеством, сфо-

кусированные исключительно на соблюдении внутренних технических стандартов, оказываются недостаточно эффективными. Возникает объективная необходимость в методологии, обеспечивающей строгую направленность всех процессов СМК на выполнение актуальных и часто неявных требований потребителя.

Целью разработки является повышение конкурентоспособности и качества насосного и компрессорного оборудования путем интеграции метода «Дом качества» (Quality Function Deployment, QFD) в процессы проектирования и управления качеством.

Построение «Дома качества» для совершенствования системы менеджмента качества насосного и компрессорного оборудования позволяет:

- провести систематизацию и ранжирование требований заказчиков;
- провести трансляцию качественных требований потребителя в количественные технические характеристики продукта;
- выявить и провести анализ технических противоречий между параметрами продукта на этапе проектирования;
- разработать на основе модели QFD целевых значений для ключевых параметров продукции и процессов.

Модель «Дом качества» была построена для перспективной линейки энергоэффективных промышленных насосов. В ходе работы были последовательно заполнены все матрицы модели:

«Что?»: выявлены ключевые требования заказчиков (надежность, энергоэффективность, низкий уровень шума, совместимость с системами IoT и др.);

«Как?»: определен набор инженерных характеристик (материал прочной части, класс герметичности, КПД, уровень вибрации, наличие стандартных интерфейсов связи и др.), напрямую влияющих на удовлетворение требований;

Матрица взаимоотношений: установлены силы связей между «Что?» и «Как?», что позволило количественно обосновать приоритетность разработки отдельных технических характеристик;

«Крыша»: проанализированы корреляции между инженерными характеристиками, что позволило выявить и заранее нивелировать технические конфликты (например, между применением более стойких материалов и ростом себестоимости) (рисунок 3.4.4).

Нами разработана методика адаптации модели QFD для специфики высокотехнологичного машиностроения, в частности, для насосного и компрессорного оборудования. На основе расчета весовых коэффициентов инженерных характеристик научно обоснована приоритизация разработки таких параметров, как КПД в широком диапазоне нагрузок и стоимость жизненного цикла, которые оказывают наибольшее совокупное влияние на удовлетворенность потребителя.

Выявлены и систематизированы ключевые технические противоречия, возникающие при проектировании, такие как конфликт между максимальной долговечностью и минимальной стоимостью жизненного цикла, что позволяет на ранних стадиях проектирования применять методы их разрешения.

Внедрение модели «Дом качества» позволяет перевести систему менеджмента качества с реактивного на проактивный уровень. В отличие от традиционных методов, ориентированных на контроль уже произведенной продукции, QFD фокусируется на предупреждении дефектов и несоответствий на стадии проектирования.

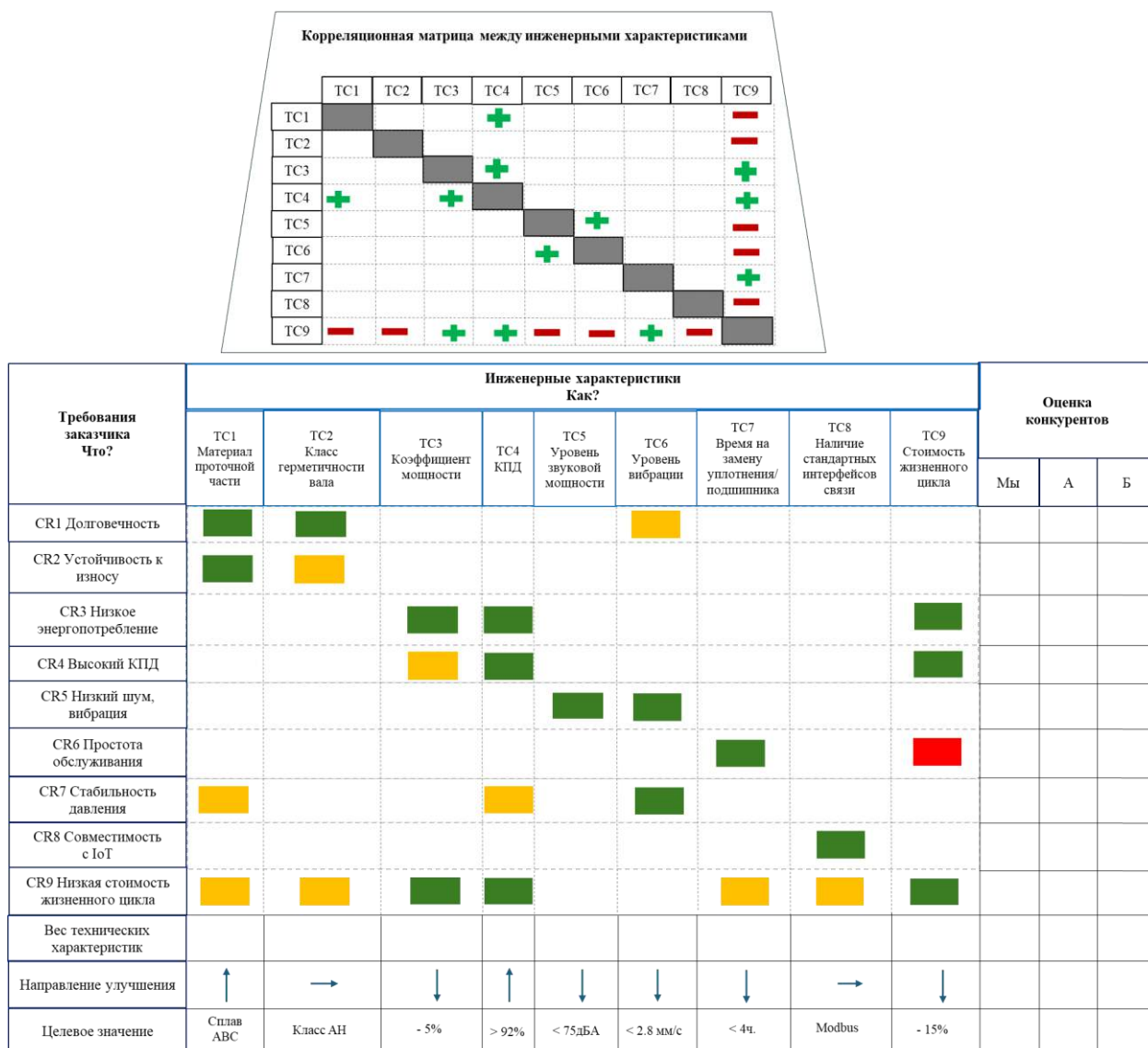


Рисунок 3.4.4 – Методика адаптации модели «Дом качества» для совершенствования качества насосного и компрессорного оборудования (разработана автором)

Условные обозначения к рисунку:

в основной матрице			
Цвет	Сила связи	Баллы	Значение
■	Сильная	7–9	Инженерная характеристика сильно влияет на удовлетворение требования клиента. Ключевые точки приложения усилий.
■	Средняя	4–6	Умеренное влияние. Характеристика важна, но не является определяющей.
■	Слабая	1–3	Минимальное влияние. Учитывается, но не является приоритетом для улучшения.
в «крыше» модели			
	Тип корреляции	Значение	
+	Положительная (+)	Улучшение одной характеристики улучшает другую. Синергия.	
-	Отрицательная (-)	Улучшение одной характеристики ухудшает другую. Технический конфликт, требующий решения.	

Основные преимущества для предприятия:

- сокращение времени вывода продукции на рынок за счет сокращения числа дорогостоящих итераций и доработок;
- снижение совокупной стоимости владения для заказчика, что является ключевым конкурентным преимуществом;
- повышение обоснованности управленческих и инженерных решений благодаря наличию количественной модели, связывающей маркетинг и конструкторские разработки;
- создание продукции, целенаправленно ориентированной на потребности рынка, что напрямую повышает лояльность клиентов и долю рынка.

Исследование демонстрирует, что метод «Дом качества» является не просто инструментом планирования, а эффективным фундаментом для построения клиентоориентированной СМК, обеспечивающей устойчивое конкурентное преимущество в секторе насосного и компрессорного оборудования.

Результат от внедрения системы менеджмента качества машиностроительные производства видят в снижении числа дефектов изделия на всех технологических стадиях, сокращении брака и затрат на гарантийный ремонт. Четверть предприятий отмечают преимуществом от системы менеджмента качества внедрение статистических методов управления (таблица 3.4.4).

Практика показывает, что проектирование интегрированных систем менеджмента осуществляется в следующей последовательности:

- 1) проводится выбор стандартов на системы менеджмента, которые предприятие планирует к объединению в интегрированную систему менеджмента;
- 2) определяются бизнес-процессы и процессы производства, которые будут задействованы при функционировании интегрированной системы менеджмента и подлежат реорганизации;
- 3) выявляются связи между задействованными в интегрированной системе менеджмента процессами;

4) обозначаются подразделения и ответственные лица, отвечающие за управлением процессами, которые подлежат реорганизации в связи с созданием интегрированной системы менеджмента;

5) проводится попроцессная идентификация требований согласно международным и национальным стандартам;

6) определяется регламент мониторинга и анализа процессов, подлежащих реорганизации в связи с созданием интегрированной системы менеджмента;

7) разрабатываются индикаторы оценки результативности бизнес-процессов и процессов производства, что характеризует эффективность функционирования создаваемой интегрированной системы менеджмента.

Таблица 3.4.4 – Рейтинг организационных и производственных эффектов от внедрения системы менеджмента качества на предприятиях машиностроения (составлено автором по данным [244])

Вид эффекта от внедрения системы менеджмента качества на предприятиях машиностроения	Доля производителей, отметивших вид эффекта, %
Снижение коэффициента дефектности на 1 изделие	100,0
Снижение потерь от брака	100,0
Сокращение затрат на гарантийный ремонт	100,0
Снижение количества дефектов на 1 изделие	63,0
Экономический эффект от работы групп по постоянным улучшениям	59,5
Удовлетворенность потребителей	48,1
Сокращение рекламаций по выпускаемым изделиям	37,1
Снижение количества дефектов на автомобиль по перспективным изделиям	25,9
Снижение уровня дефектности при поставках на завод	25,9
Снижение уровня возвратов дефектной продукции между заводами	25,9
Снижение уровня дефектности комплектующих в состоянии поставки и монтажа	25,9
Внедрение статистических методов управления качеством	25,9

Интегрирование систем менеджмента на практике осуществляется, как правило, по двум сценариям – единовременному и последовательному. Последовательное создание ИСМ представляет собой создание аддитивных моделей интегрированных систем менеджмента или поочередное объединение базовой системы менеджмента качества с иными локальными системами: экологического менеджмента, промышленной безопасности и охраны труда, энергетического менеджмента и пр. Данный вариант наиболее предпочтителен и используется чаще всего на промышленных предприятиях.

Единовременное создание ИСМ предполагает параллельное объединение систем менеджмента в единую систему. По организационным и экономическим мерам данный подход более рациональный, но требует высокой квалификации управленческой команды и мотивации персонала предприятия. Кроме того, для единовременного создания ИСМ необходим одинаковый уровень развития и апробирования на производствах локальных систем менеджмента. Появление международных и национальных систем менеджмента происходило в разный временной период, их адаптация на производствах также имеет не одномоментный характер. Это затрудняет единовременное создание ИСМ, в силу чего данный подход встречается на предприятиях очень редко.

Таким образом, создание интегрированных систем менеджмента в организации машиностроения находится на начальной стадии развития. Процесс формирования интегрированных систем менеджмента имеет длительный период и зависит от профессионализма персонала предприятия, финансовой возможности, степени внедрения локальных систем менеджмента и иных факторов.

3.5 Выводы по главе

1. Целью проектирования и использования интегрированной системы менеджмента является приобретение преимуществ, которые обеспечивают оп-

тимизацию процессов, достижение целей и удовлетворение запросов потребителей при одновременном соблюдении требований международных (российских) стандартов в системах менеджмента качества, а также локальных (на микроуровне управления) требований к реализации политики в области качества, которые разработаны и приняты на предприятиях машиностроения, научно-исследовательских организациях, инжиниринговых центрах, ВУЗах, предприятиях-поставщиках и заказчиках, работающих с фокусным предприятием.

2. Интегрированная система менеджмента включает виды деятельности по управлению качеством, экологическому менеджменту, обеспечению безопасности и охране труда, промышленной безопасности и информационной безопасности, формирующими взаимосвязь между ними и согласованные с системами целеполагания участников интегрированной цепи создания стоимости. Участники цепи создания стоимости могут включать в интегрированную систему менеджмента различные системы менеджмента качества (ISO 9001, ISO 14001 и др.) в соответствии с собственными потребностями или интегрировать все системы в зависимости от целей реализации политики в области качества.

3. В целях создания интегрированной системы менеджмента следует использовать процессный и системный подходы к управлению, цифровизацию и автоматизацию процессов, риск-ориентированный подход к управлению, оценку эффективности на основе системы ключевых показателей эффективности, принципы и механизмы целеполагания. Внедрение интегрированной системы менеджмента может происходить различными вариантами, в том числе с параллельным внедрением международных (российских) стандартов в области качества, а также локальных требований политики в области качества предприятий и организаций-участников цепи создания стоимости в отрасли машиностроения.

4. Внедрение на предприятии, осуществляющем реализацию проекта технологической локализации производства, интегрированной системы менеджмента в цепях поставок, позволяет: сформировать для всех участников единые стандарты качества в области поставляемого сырья, материалов, компонентов и готовой продукции; унифицировать методы контроля и оценки; создать информационную систему для обмена данными о качестве, что позволит обеспечить оперативный доступ к информации о качестве продукции на всех этапах производства и, как следствие, быстро выявлять и устранять проблемы. Проведение регулярной оценки эффективности ИСМ ЦП и внесение необходимых корректировок будут способствовать постоянному совершенствованию системы управления качеством и ее адаптации к изменяющимся требованиям рынка и технологиям.

5. Разработана классификация стандартов управления качеством процессов и продукции, которая носит универсальный характер, позволяет структурировать систему менеджмента на промышленном предприятии с учетом реализуемой стратегии развития (выхода на международный рынок, импортозамещения, диверсификации и т.д.).

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

4.1 Системный анализ «барьеров» и «узких мест» при обеспечении технологической локализации производства и их стандартизация на всех этапах жизненного цикла продукции машиностроения

В настоящее время качество воспринимается не только как набор определенных свойств по умолчанию, но и как совокупность требований, полностью отражающих ожидания потребителей. Результатом этого является высокий спрос на адресные, целевые продукты, предназначенные для определенных групп потенциальных потребителей и соответствующие их определенным потребностям и предпочтениям. Руководители многих организаций считают, что за последние годы интерес к адресным, целевым продуктам у потребителей значительно вырос. Для обеспечения высокого качества важно выстраивать систему менеджмента качества на предприятии таким образом, чтобы она была достаточно гибкой и позволяла достигать желаемых коммерческих показателей. Но, к сожалению, многие предприятия, внедряя стандарт ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001–2015) «Системы менеджмента качества. Требования», так и не получают намеченных результатов вследствие допускаемых ими стандартных ошибок [58]. Данная проблема во многом обусловлена тем, что попытки выстроить эффективную систему качества ограничиваются рамками отдельного предприятия, в то время как качество конечного продукта формируется на протяжении всей цепи поставок, начиная от добычи сырья и заканчивая сервисным обслуживанием у потребителя.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что в настоящее время не существует единой универсальной методики расчета эффективности систем

качества, которая была бы подходящей для любого предприятия и вида деятельности. Авторы, занимающиеся исследованием эффективности систем качества, в качестве причин низкой эффективности и результативности системы менеджмента качества (СМК), как правило, называют то, что необходимо для подтверждения выдвигаемой ими гипотезы, и игнорируют все прочие факторы. Поэтому зачастую методы, применяемые для внедрения и эффективного функционирования СМК в одной организации, не дают результата при внедрении в другой. Помимо вышеизложенного, также важно помнить, что создание реально действующей СМК – индивидуальный процесс для каждой организации, при котором необходимо не просто выделять основные факторы, которые будут однозначно влиять на эффективность системы, но также анализировать причинно-следственные связи второго, третьего уровня и т.д., таким образом разбирая процесс до мельчайших деталей. Однако даже это не будет гарантировать 100%-ю предсказуемость системы, так как сложные системы сложно предсказуемы, а на микроуровне многие события являются случайными. Кроме того, в каждом событии, которое анализируется, существуют факторы, на которые возможно повлиять, и факторы, которые находятся вне зоны влияния по каждому из этапов жизненного цикла выпускаемой продукции. Соответственно, чем больше возможных альтернатив, тем большее количество факторов требуется оценить и проанализировать применительно к стадиям жизненного цикла выпускаемой продукции.

Машиностроительная отрасль по производству компрессоров и сопутствующего оборудования является важной для энергетики, нефтегазовой и химической промышленности, металлургии и многих других секторов экономики. Несмотря на сохраняющиеся трудности, данная отрасль демонстрирует стабильную положительную динамику, что подтверждается анализом мирового рынка. Для подробного примера рассмотрим динамику продаж на мировом рынке компрессоров и сопутствующего оборудования за 2024 г. – 2 квартал 2025 г. (рисунок 4.1.1).

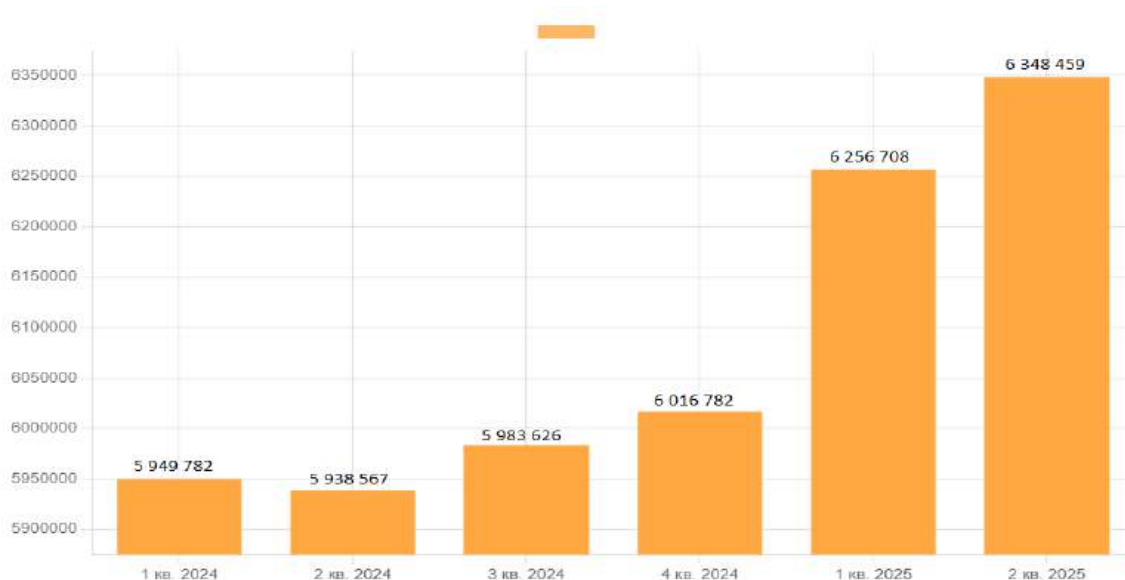


Рисунок 4.1.1 – Динамика продаж на мировом рынке компрессоров и сопутствующего оборудования в 2024–2 кв. 2025 гг. [206]

Из рисунка 4.1.1 видно, как за период с первого квартала 2024 года по второй квартал 2025 года объем рынка увеличился примерно на 6,5 % (с 5 949 782 тысяч долларов до 6 348 459 тысяч долларов). Если рассматривать 2025 год, то можно рассчитать рост продаж за первые два квартала, который составил примерно 1,5%. За весь анализируемый период выявлено, что минимальный уровень продаж компрессоров и сопутствующего оборудования пришелся на 2 квартал 2024 года (5 938 567 тысяч долларов), а максимальное значение было достигнуто во втором квартале 2025 года (6 348 459 тысяч долларов). Проанализировав данную динамику, можно сделать вывод, что машиностроительная отрасль по производству компрессоров и сопутствующего оборудования в условиях глобальных экономических изменений и санкционного давления постепенно восстанавливается. Объем продаж за первое полугодие 2025 года составил 12 605 167 тысяч долларов, что превышает идентичный показатель за первое полугодие 2024 года примерно на 6%. Рост продаж компрессоров и сопутствующего оборудования связан с ростом промышленного

производства и восстановлением экономики. Полученные результаты позволяют сделать вывод о сохранении положительной динамики рынка промышленных компрессоров в среднесрочной перспективе.

Однако рост рынка автоматически означает и рост конкуренции. В условиях увеличивающегося спроса побеждают те производители, которые способны предложить не просто оборудование, а гарантированное качество, подтвержденное надежностью всей цепи поставок. Именно поэтому анализ конкурентных позиций невозможен без понимания структуры распределения рыночных долей между ключевыми странами-производителями. Из рисунка 4.1.2 показаны доли стран в продаже компрессоров и сопутствующего оборудования за 2024 год.

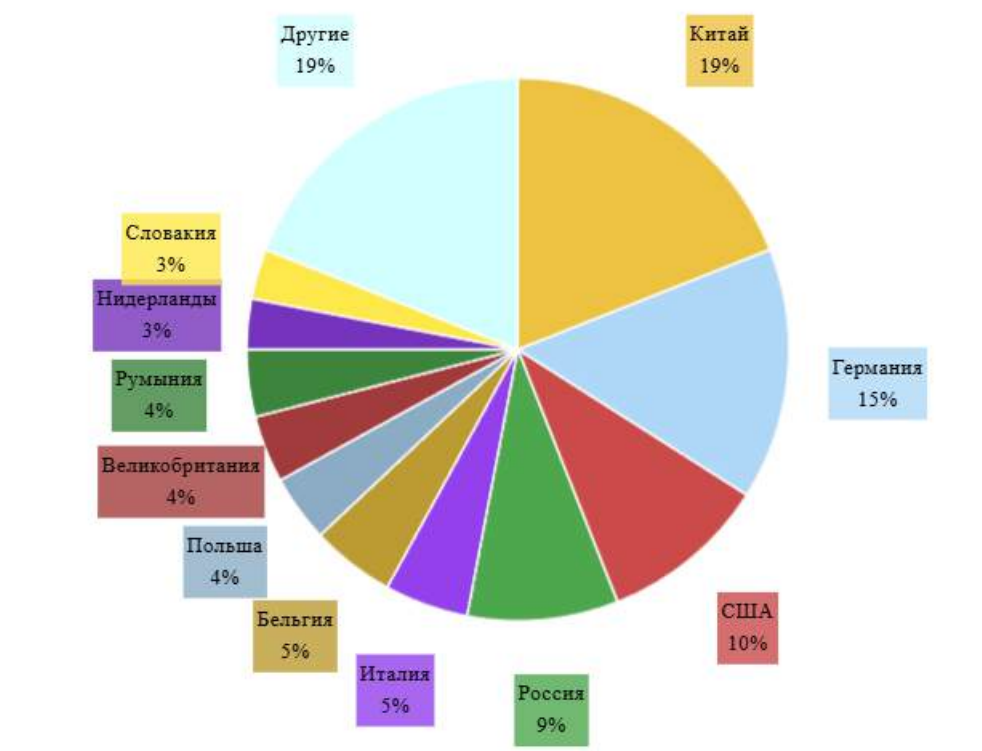


Рисунок 4.1.2 – Доли стран-поставщиков на мировом рынке компрессоров и сопутствующего оборудования за 2024 год [206]

По рисунку 4.1.2 видно, что доминирующими странами-поставщиками являются такие страны, как Китай, Германия, Соединенные Штаты Америки и Россия, которые занимают соответственно 19%, 15%, 10%, 9% от общего объема продаж. Эти показатели подчеркивают значительное влияние данных

стран на формирование мирового рынка компрессоров. Важно отметить, что и другие страны вносят большой вклад в общую картину рынка. Стоит подчеркнуть присутствие России в ряду лидеров стран-поставщиков в машиностроительной отрасли по производству компрессоров и комплектующих. Это говорит о том, что она является одним из немаловажных игроков в данной отрасли. Тем не менее, необходимо постоянно проводить мониторинг и, что более важно, усиливать внутренние конкурентные преимущества, чтобы сохранить и упрочить рыночные позиции. Ключевым таким преимуществом может стать именно способность выстраивать эффективные, устойчивые и импортонезависимые цепи поставок, обеспечивающие стабильно высокое качество конечной продукции.

Немаловажное значение в вопросах повышения эффективности системы менеджмента качества на всех этапах жизненного цикла выпускаемой продукции отводится работе с рекламациями. Высокое качество и надежность продукции в значительной степени зависят от качества используемых при ее создании материалов и комплектующих изделий. В свою очередь, это обеспечивается результатами рекламационной работы, проводимой с поставщиками закупаемой и покупателями готовой продукции. Именно поэтому работа с поставщиками и рекламационная деятельность являются одной из главных составляющих, обеспечивающих качество готовой продукции. Рекламация – это письменное заявление потребителя (получателя) по установленной форме поставщику на обнаруженные в период действия гарантийных обязательств дефекты изделия, несоответствия комплектности или другие несоответствия установленным требованиям, а также требования об их устранении, восстановлении исправного состояния (замене) [83]. Предприятие может как направлять рекламации поставщикам некачественных покупных комплектующих изделий, так и получать рекламации от эксплуатирующих организаций (покупателей продукции) [184].

Особое значение рекламационная работа приобретает в условиях сложных кооперационных связей, характерных для современного машиностроения. Когда готовое изделие, такое как компрессор, собирается из сотен и тысяч комплектующих, поставляемых десятками различных предприятий, качество конечного продукта напрямую зависит от качества работы всей цепи поставок. Дефект одного подшипника или уплотнения, возникший по вине поставщика второго или третьего уровня, может привести к отказу всего оборудования в эксплуатации, что повлечет за собой не только финансовые потери, но и репутационный ущерб для фокусного предприятия-производителя. Именно поэтому управление качеством в современном машиностроении не может ограничиваться рамками отдельного завода, а должно охватывать всю цепь поставок, включая поставщиков сырья, материалов, комплектующих, а также логистических и сервисных партнеров. Рекламация в этом контексте выступает не просто как акт фиксации несоответствия, а как важнейший сигнал обратной связи, указывающий на наличие системных проблем в том или ином звене цепи поставок. Игнорирование таких сигналов или их неполный анализ ведет к повторяющимся отказам и, в конечном счете, к потере конкурентоспособности.

Эффективность сквозного управления качеством напрямую зависит от того, насколько хорошо выстроены процессы взаимодействия между всеми участниками цепи поставок. Любой разрыв в информационных или материальных потоках, любое узкое место в кооперационных связях неизбежно сказывается на качестве готовой продукции и способности предприятия своевременно и адекватно реагировать на поступающие рекламации. Особую остроту эта проблема приобретает в условиях реализации стратегической задачи по достижению технологического суверенитета, когда предприятия машиностроения вынуждены в сжатые сроки замещать импортные комплектующие отечественными аналогами, зачастую сталкиваясь с неготовностью смежных отраслей обеспечить требуемый уровень качества и технологической дисциплины.

Именно в этот момент и проявляются скрытые ранее «барьеры» и «узкие места», которые в условиях стабильных импортных поставок могли оставаться незамеченными.

В этой связи критически важным становится проведение системного анализа существующей конфигурации цепи поставок с целью выявления тех самых «узких мест» и «разрывов», которые препятствуют эффективному управлению качеством и успешного обеспечения технологической локализации производства. Такой анализ позволяет не только диагностировать проблемные зоны, но и определить направления их устранения через внедрение интегрированных систем менеджмента, охватывающих всех участников кооперации.

Рассмотрим существующую конфигурацию цепи поставок компрессорного оборудования. На рисунке 4.1.3 представлена исходная схема цепи поставок, отражающая сложившиеся на момент анализа взаимосвязи между ключевыми участниками производства компрессорного оборудования.

Как видно из представленной схемы, цепь поставок включает несколько функциональных блоков. Верхнюю часть занимает блок «Ключевые информационные потоки», который включает анализ рынка и тенденций, технологический прогноз от НИИ, сервисные запросы и диагностику, заказы, а также отзывы с эксплуатации, направляемые для нужд НИОКР. В левой части схемы расположен блок «Исследования и разработки, научно-техническая база», представленный Казанским научно-исследовательским институтом авиационной техники (КНИАТ), осуществляющим научное сопровождение, и АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», совмещающим функции научно-исследовательского института и производства турбокомпрессоров и газоперерабатывающих агрегатов. Центральное место занимает фокусное предприятие – АО «Казанькомпрессормаш», позиционируемое как ведущий производитель полного цикла винтовых, поршневых и центробежных компрессоров.

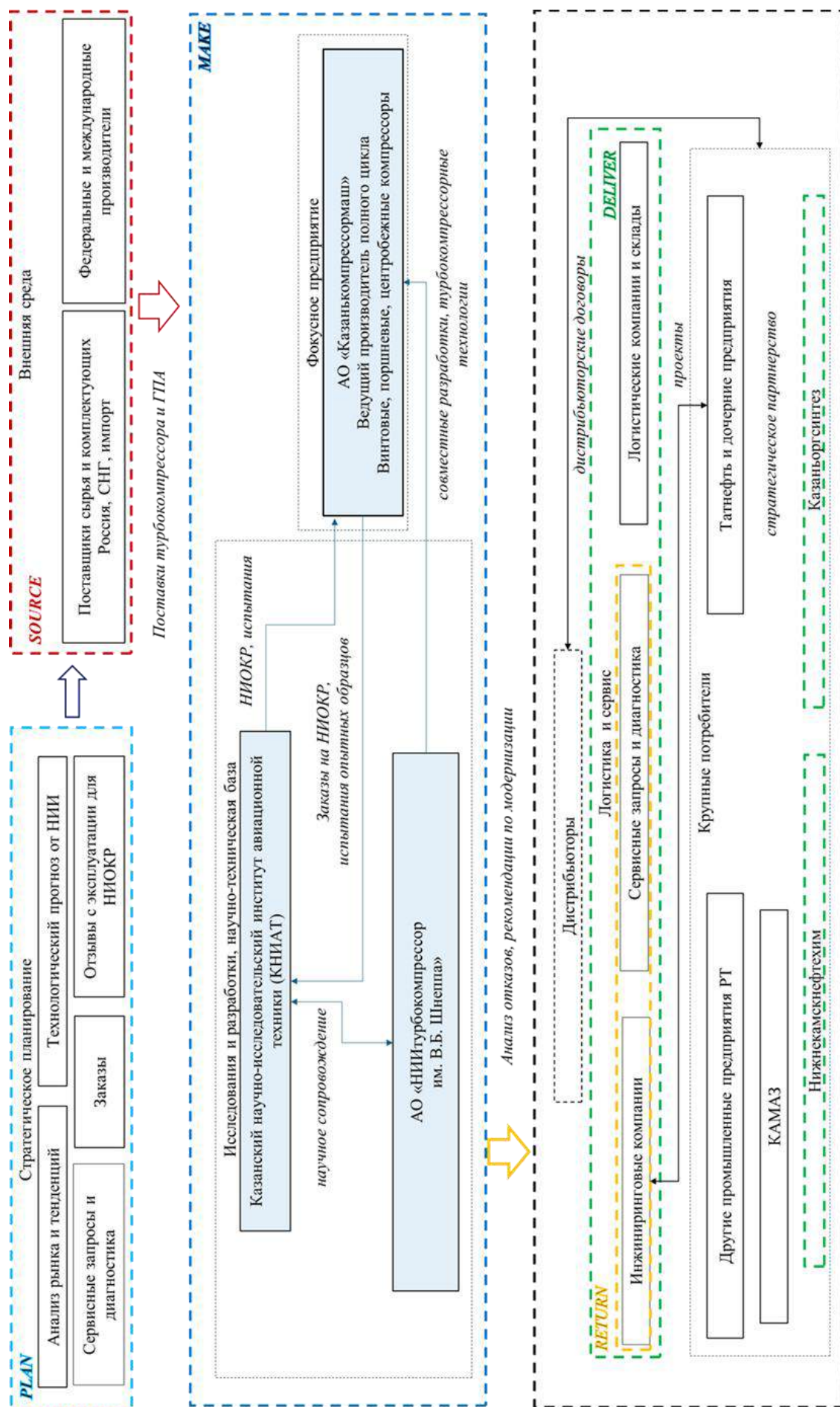


Рисунок 4.1.3 – Цепь поставок компрессорного оборудования («как есть») (разработана автором)

При детальном рассмотрении связей между представленными блоками обнаруживается ряд критических разрывов, которые могут быть идентифицированы как «узкие места», препятствующие эффективному функционированию цепи поставок и реализации потенциала технологической локализации.

Первая и наиболее значимая проблемная зона локализована в блоке «Внешняя среда», а именно в его части, относящейся к импортным поставщикам и международным производителям. Ключевые высокотехнологичные узлы, такие как сухие газодинамические уплотнения, магнитные подвесы, системы управления и подшипники специальных классов, остаются импортными, и эта импортозависимость создает высокие риски для устойчивости производства, поскольку колебания валютных курсов, санкционные ограничения и сбои в международной логистике непосредственно влияют на возможность своевременного и бесперебойного обеспечения производственного процесса. Ситуация усугубляется тем, что российская промышленность и станкостроение не всегда способны обеспечить необходимые допуски и характеристики материалов, что вынуждает предприятия обращаться к зарубежным источникам даже при наличии отечественных производственных мощностей.

Второе «узкое место» возникает при попытке локализации производства: фокусное предприятие сталкивается с ситуацией, когда смежники из металлургической, электронной и химической отраслей оказываются не готовы работать по стандартам интегрированной системы менеджмента. Это создает разрыв на уровне поставок второго и третьего звена, когда при наличии отечественных поставщиков сырья они не могут обеспечить требуемый уровень качества и технологической дисциплины. Последствием становится существенное увеличение сроков и стоимости при попытках импортозамещения критических деталей.

Третья проблемная зона связана с переходом от научных разработок к серийному производству и локализована на стыке блоков «НИОКР и научно-техническая база» и «make». Разработки, выполняемые в научно-исследовательских институтах, таких как АО «НИИТурбокомпрессор» и АО «КНИАТ»,

часто не могут быть масштабированы в серийное производство из-за отсутствия необходимой технологической оснастки или специфических материалов, которые должны поступать из смежных отраслей. Фундаментальная проблема здесь заключается в том, что научно-техническая база работает преимущественно на создание конструкторской документации, а не на разработку технологического процесса «под ключ» с учетом реальных возможностей локальных поставщиков и производственных мощностей.

Четвертое «узкое место» носит информационный характер и локализовано в блоке «Ключевые информационные потоки». На практике эти информационные потоки не доходят до поставщиков сырья второго и третьего уровней через интегрированную систему менеджмента. Данные от крупных потребителей, таких как АО «Татнефть» и АО «Нижнекамскнефтехим», о реальных режимах эксплуатации, возникающих отказах и характере износа оборудования не транслируются далее конструкторских служб. Металлургические предприятия, поставляющие специальные стали, не получают оперативной информации о том, что их материал не подошел для новых, более жестких условий эксплуатации, и, следовательно, не могут своевременно скорректировать свои внутренние технологические процессы. Это приводит к задержкам и низкой эффективности корректирующих действий.

Сервисные компании, осуществляющие гарантийное и постгарантийное обслуживание, часто вынуждены использовать импортные запасные части, поскольку локальные аналоги либо отсутствуют, либо не сертифицированы в рамках интегрированной системы менеджмента цепи поставок. Более того, поток анализа отказов, формируемый сервисными службами, не всегда приводит к изменению технологической цепочки у межотраслевых партнеров, что существенно снижает эффективность цикла постоянного улучшения.

Выявленные в ходе анализа исходной конфигурации цепи поставок критические разрывы и «узкие места» демонстрируют, что дальнейшее развитие производства компрессорного оборудования в рамках сложившейся линейной

модели взаимодействия между участниками кооперации невозможно. Импортозависимость по ключевым компонентам, отсутствие сквозного управления качеством, разобщенность информационных потоков и неразвитость обратных связей не только препятствуют эффективной локализации, но и создают системные риски для обеспечения технологической локализации производства. В условиях, когда отечественное машиностроение ставит перед собой задачу не просто заместить импортные комплектующие, но и обеспечить их качество на уровне, сопоставимом с лучшими мировыми образцами, требуется принципиально иной подход к организации взаимодействия между всеми участниками цепи поставок. Такой подход должен базироваться на интеграции разрозненных элементов в единую экосистему, объединенную общими стандартами качества, сквозными информационными потоками и механизмами непрерывного совершенствования на основе обратной связи от потребителей. Предлагаемая модернизированная конфигурация цепи поставок, представленная на рисунке 4.1.4, представляет собой результат переосмысления существующих связей и призвана устранить выявленные недостатки через создание межотраслевого кластера поставщиков, внедрение цифровой платформы сквозного управления и замыкание информационных петель обратной связи.

Предлагаемая модель трансформирует линейную структуру в замкнутую экосистему, основанную на принципах межотраслевой кооперации, цифрового сквозного управления и непрерывного совершенствования на основе обратных связей. Ключевым отличием новой схемы является переход от простого управления закупками к активному развитию поставщиков, от разрозненных научных разработок к интегрированному проектированию с учетом производственных возможностей и от эпизодических отзывов потребителей к постоянному цифровому потоку данных эксплуатации.

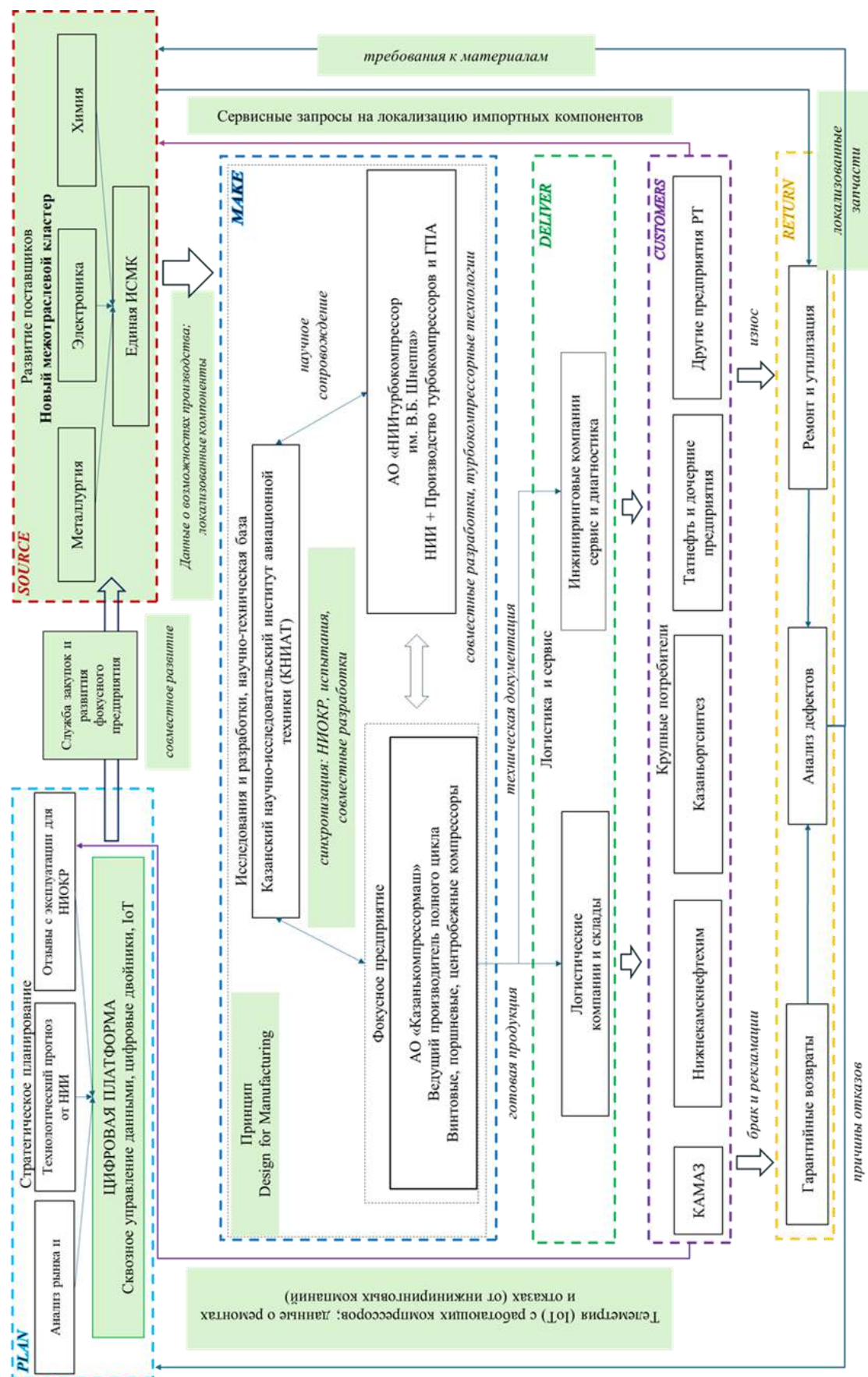


Рисунок 4.1.4 – Модернизированная цепь поставок компрессорного оборудования («как должно быть») (разработана автором)

В верхней части модернизированной схемы расположен блок стратегического планирования, который обогатился новым содержанием. Если в исходной конфигурации «Ключевые информационные потоки» представляли собой скорее набор разрозненных направлений сбора информации, то теперь они интегрированы в единую цифровую платформу. Этот новый элемент, обозначенный на схеме как «Цифровая платформа сквозного управления данными», которая аккумулирует информацию из трех ключевых источников: анализа рынка и тенденций, технологических прогнозов от научно-исследовательских институтов и, что наиболее важно, отзывов с эксплуатации от крупных потребителей. Цифровая платформа выполняет функцию своего рода «мозга» всей системы, преобразуя разнородные данные в технические задания для разработчиков и поставщиков. Именно здесь происходит замыкание информационной петли: данные о том, как оборудование работает в реальных условиях эксплуатации, не просто собираются для отчетности, а становятся основой для формирования цифровых заказов на разработку новых или улучшение существующих компонентов.

Наиболее существенные изменения претерпел блок source, который в новой схеме трансформировался из пассивного звена закупок в активный центр развития поставщиков. Вместо абстрактного перечня поставщиков сырья и комплектующих из России, СНГ и импорта здесь появился структурированный «Межотраслевой кластер поставщиков», объединяющий три ключевые отрасли-смежника: металлургию, электронику и химию. Каждая из этих отраслей представлена не абстрактно, а как источник конкретных критических компонентов: металлургия обеспечивает специальные стали, литье и поковки для корпусов и валов компрессоров; электроника отвечает за производство систем управления, датчиков и магнитных подвесов, ранее бывших преимущественно импортными; химия разрабатывает уплотнения, композиционные материалы и полимеры для работы в агрессивных средах. Критически важным нововведением является включение в структуру кластера элемента «Единая интегрированная система менеджмента», который символизирует переход

всех участников кластера к работе по единым стандартам качества, срокам и цифровым протоколам. Это решение напрямую адресует проблему разрыва второго и третьего уровней поставок, когда смежники ранее были не готовы работать по стандартам высокотехнологичного машиностроения. Характер связи между фокусным предприятием и кластером также принципиально изменился: стрелка, соединяющая службу закупок с кластером, подписана как «Совместное развитие», что отражает переход от модели пассивного приобретения того, что есть на рынке, к модели активного инвестирования в развитие компетенций поставщиков, передачи технологий и помощи в освоении производства сложных узлов.

Блок производство и разработки также претерпел существенную реорганизацию. Если в исходной схеме АО «КНИАТ» и АО «НИИТурбокомпрессор» существовали относительно автономно, то в новой конфигурации они интегрированы в единый научно-производственный комплекс с фокусным предприятием. На схеме это отражено двунаправленными стрелками, соединяющими все три элемента: АО «КНИАТ», отвечающий за фундаментальные исследования, связан с АО «НИИТурбокомпрессор», который занимается прикладными разработками и созданием опытных образцов, а тот, в свою очередь, тесно взаимодействует с серийным производством АО «Казанькомпрессормаш». Наиболее важным методологическим дополнением стало введение в схему принципа «Design for Manufacturing», выделенного на схеме отдельным элементом. Этот принцип означает, что разработка новой техники в научно-исследовательских институтах изначально ведется с учетом того, какие материалы может предоставить межотраслевой кластер и какие технологии серийно доступны на мощностях фокусного предприятия. Тем самым устраняется классический разрыв, когда научные институты разрабатывают изделия, которые невозможно или чрезвычайно дорого производить в существующих условиях.

Блок deliver в новой схеме сохранил свою структуру, включающую логистические компании и инжиниринговые компании, однако характер его связей с другими элементами стал более насыщенным. Логистические компании по-прежнему отвечают за физическую доставку готовой продукции потребителям, а инжиниринговые компании обеспечивают монтаж, пусконаладку и сервисное обслуживание. Однако теперь эти компании становятся не просто каналом движения продукции, но и важным источником информации для обратной связи.

Наиболее значимым дополнением модернизированной схемы стало появление полноценного блока return, который в исходной конфигурации присутствовал лишь номинально. В новой схеме этот блок имеет сложную внутреннюю структуру и активные связи со всеми ключевыми участниками цепи поставок. Внутри блока выделены три взаимосвязанных подпроцесса: гарантийные возвраты, ремонт и утилизация, а также анализ дефектов. Гарантийные возвраты аккумулируют продукцию, вышедшую из строя в гарантийный период или поставленную с дефектом; ремонт и утилизация занимаются постгарантийным обслуживанием и восстановлением изношенного оборудования; анализ дефектов выполняет функцию интеллектуального центра обработки причин отказов. Именно этот третий подпроцесс становится ключевым звеном в замыкании петли качества: данные о том, почему произошла поломка, поступают в цифровую платформу блока plan и напрямую в межотраслевой кластер. Если анализ показывает, что причина отказов кроется в качестве материала, например, быстро изнашивается уплотнение из определенного типа резины, этот запрос уходит непосредственно химикам в кластер с требованием разработать новый состав, обеспечивающий большую долговечность.

Блок крупных потребителей в правой части схемы сохранил свой состав, включающий КАМАЗ, Нижнекамскнефтехим, Татнефть, Казаньоргсинтез и другие промышленные предприятия Республики Татарстан. Однако принципиально изменился характер связей этого блока с остальными элементами си-

стемы. В исходной схеме от потребителей исходили только заказы и, эпизодически, отзывы для НИОКР. В модернизированной конфигурации от блока потребителей отходят сразу несколько типов связей. Во-первых, это жирные стрелки, обозначающие передачу в цифровую платформу реальных данных эксплуатации: телеметрии с работающих компрессоров, параметров температуры, давления, вибрации, наработки часов. Эти данные поступают непрерывно и в режиме, близком к реальному времени. Во-вторых, это стрелки, направленные в блок возвратов, по которым движутся как бракованные изделия в рамках гарантийных обязательств, так и изношенное оборудование, требующее капитального ремонта. В-третьих, это пунктирные стрелки, идущие напрямую в межотраслевой кластер, которые обозначают сервисные запросы на локализацию конкретных узлов и деталей, востребованных при ремонте.

Таким образом, модернизированная схема цепи поставок приобретает принципиально новое качество. Материальные потоки движутся от кластера поставщиков через производство и логистику к потребителям. Однако информационные потоки теперь активно движутся и в обратном направлении: от потребителей через блок возвратов и цифровую платформу к разработчикам и поставщикам. Это замыкает цикл и превращает линейную цепь в инновационный контур непрерывного совершенствования. Система обретает способность учиться на собственном опыте эксплуатации, выявлять слабые места в конструкции и материалах и оперативно инициировать разработку улучшенных локализованных решений. Межотраслевой кластер под единой системой менеджмента обеспечивает замену критического импорта, а принцип Design for Manufacturing гарантирует, что новые разработки могут быть быстро и экономично внедрены в серийное производство. В результате формируется устойчивая, импортонезависимая и постоянно саморазвивающаяся экосистема производства высокотехнологичного компрессорного оборудования.

Говоря о «барьерах» и «узких местах» на пути к обеспечению технологической локализации производства следует структурировать индикаторы

технико-технологического, кадрового и материального обеспечения промышленного производства. Для этих целей нами предложено использовать агрегированные данные по промышленному комплексу по вопросам технологического развития промышленности, которые опубликованы на сайте Росстата [206].

Среди показателей отобраны 7, отражающие тренды технологического развития промышленности за период 2011–2023 гг. 2011 год использован как базовый, поскольку с этого времени ведется учет по уровню технологического развития промышленных секторов (таблица 4.1.1).

Таблица 4.1.1 – Показатели технологического развития промышленности (составлено автором по данным источника: [206])

	Доля высокотехнологичной и наукоемкой продукции в валовой добавленной стоимости (ВДС), %	Индекс производительности труда, %	Коэффициент обновления основных производственных фондов (ОПФ)	Доля машин и оборудования в объеме ОПФ, %	Коэффициент обновления ОПФ	Степень износа ОПФ	Индекс изменения фондоотдачи, %
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
2011	19,6	103,0	4,6	24,1	11,1	46,3	100,3
2012	20,2	103,8	4,8	25,0	11,4	46,0	104,2
2013	21,0	102,1	4,6	25,6	11,2	46,5	101,0
2014	21,6	100,8	4,3	25,3	9,6	47,3	88,7
2015	21,1	98,7	3,9	25,8	8,6	48,2	101,0
2016	21,3	100,1	4,4	25,5	9,1	48,8	101,2
2017	21,8	102,1	4,3	25,6	8,1	49,5	98,0
2018	21,3	103,1	4,7	26,2	8,6	49,4	98,7
2019	22,2	102,4	4,7	26,6	8,8	49,7	97,7
2020	25,0	99,6	3,9	26,6	7,9	50,1	93,4
2021	23,4	103,9	4,0	26,4	8,3	51,0	102,0
2022	22,2	97,2	4,6	26,1	7,7	46,7	93,4
2023	23,5	100,6	4,7	26,3	8,0	48,9	97,7

С целью анализа многомерных данных и выявления закономерностей и факторов, оказывающих влияние на технологическое развитие промышленности, нами использованы метод главных компонент и факторный анализ.

Описательные статистики по исследуемым индикаторам сведены в таблицу (таблица 4.1.2).

Таблица 4.1.2 – Описательные статистики технологического развития промышленности (рассчитано автором)

Индикатор	Среднее значение	Медиана	Минимум	Максимум	Размах	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
X ₁	21,9	21,6	19,6	25,0	5,4	1,4	6,6
X ₂	101,3	102,1	97,2	103,9	6,7	2,0	2,0
X ₃	4,4	4,6	3,9	4,8	0,9	0,3	7,2
X ₄	25,8	25,8	24,1	26,6	2,5	0,7	2,8
X ₅	9,1	8,6	7,7	11,4	3,7	1,3	14,5
X ₆	48,3	48,8	46,0	51,0	5,0	1,6	3,4
X ₇	98,3	98,7	88,7	104,2	15,5	4,2	4,3

На основе методик компонентного и факторного анализа индикаторы технологического развития промышленности были сгруппированы в две группы факторов, состав которых отражен в таблице (таблица 4.1.3).

Таблица 4.1.3 – Факторизация технологического развития промышленности (рассчитано автором)

Индикатор	Факторные нагрузки (метод вращения компонент Varimax raw; коэффициент корреляции индикатора с фактором > 0,65)	
	Фактор 1 (технологическое обеспечение)	Фактор 2 (ресурсное обеспечение)
Степень износа ОПФ	0,95	
Доля машин и оборудования в объеме ОПФ, %	0,87	
Доля высокотехнологичной и наукоемкой продукции в ВДС, %	0,86	
Коэффициент обновления ОПФ	-0,81	
Индекс производительности труда, %		0,90
Индекс изменения фондоотдачи, %		0,81
Доля фактора	0,48	0,27

На рисунке представлена визуализация факторов технологического развития промышленности в теоретическом пространстве (рисунок 4.1.5).

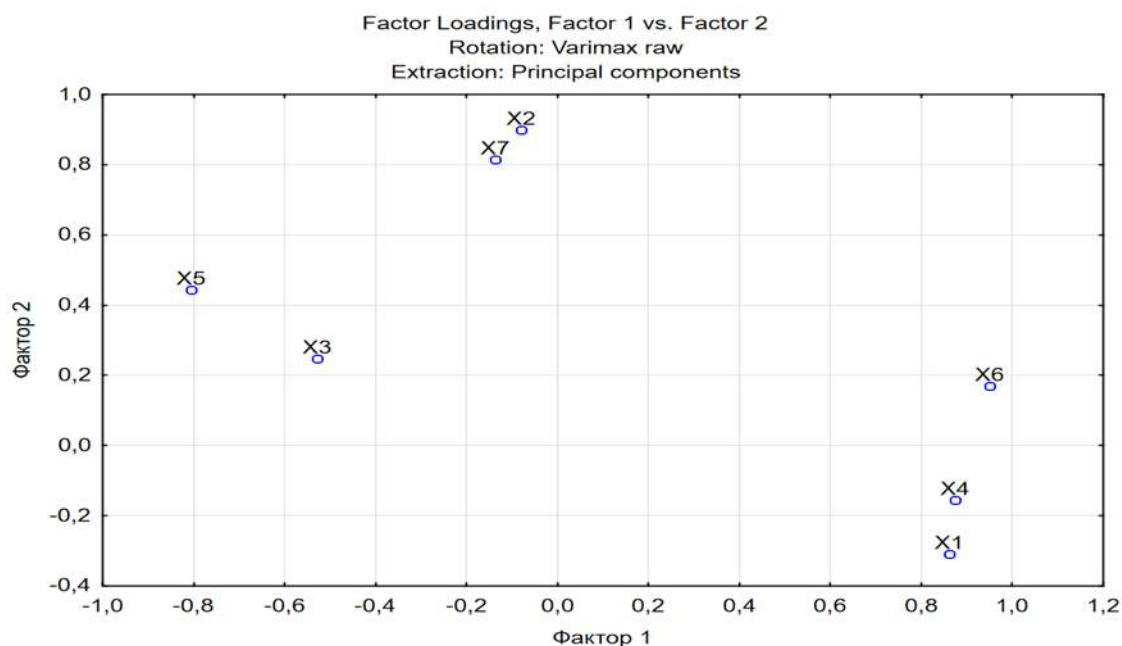


Рисунок 4.1.5 – Визуализация факторов технологического развития промышленности в теоретическом пространстве (построено автором)

Таким образом, основным фактором технологического развития промышленности выступает технологическое обеспечение производства, характеризующееся такими индикаторами, как износ основных производственных фондов, уровень технологичности и наукоемкости выпускаемой продукции, обеспеченность оборудованием и восполнение выбывающих основных производственных фондов. Этот фактор является детерминирующим, поскольку суммарно на него приходится 48% всех технологических изменений в промышленности. Следует указать, что в составе фактора технологической обеспеченности производства обновление основных производственных фондов выступает как «барьер» в развитии, о чем свидетельствует значение коэффициента корреляции данного индикатора с фактором, который составил «минус» 0,81, следовательно, уровень восполнения выбывающих основных производственных фондов является недостаточным для поддержания соответ-

ствующего уровня технологичности производства в условиях перехода к технологическому суверенитету. Кроме того, отрицательная динамика коэффициента обновления основных производственных фондов в промышленности также позволяет заключить о ее негативном влиянии на технологическое развитие промышленности, выступая ее «узким местом».

Вторым по значимости фактором технологического развития промышленности является ресурсное обеспечение производства, характеризующееся такими параметрами, как производительность труда и фондоотдача, их доля в совокупном объеме технологических изменений составляет 27%.

Таким образом, системный анализ «барьеров» и «узких мест» при обеспечении технологической локализации производства компрессорного оборудования позволил не только диагностировать проблемные зоны существующей конфигурации цепи поставок, но и предложить научно обоснованные направления её модернизации, включая формирование межотраслевого кластера, цифровую интеграцию информационных потоков и замыкание петель обратной связи. Количественная оценка факторов технологического развития промышленности подтвердила, что ключевым ограничением выступает недостаточное обновление основных производственных фондов, что требует учёта при разработке организационно-экономического механизма реализации проектов технологической локализации в последующих разделах диссертации.

4.2 Математическое моделирование факторов качества цепей поставок предприятий машиностроительной промышленности в условиях дефицита требуемых ресурсов и НИОКР при обеспечении технологической локализации производства

Отличительной особенностью предприятий машиностроительной отрасли является длительность жизненного цикла выпускаемой продукции. Принимая во внимание также ресурсные ограничения разного характера, связанные с недостатком инвестиций в развитие и модернизацию производства,

пределы производительности труда и оборудования, уровень загрузки производственных мощностей и т.п., необходимо формировать ландшафт возможных направлений совершенствования деятельности предприятий, ведущий к росту его эффективности и конкурентоспособности. В этой связи перед предприятиями машиностроительного комплекса встает задача сформировать круг ключевых факторов успеха в условиях дефицита требуемых ресурсов, которые должны быть встроены в программы и стратегии развития машиностроительных предприятий, а также отрасли в целом. Для конкретизации будем использовать количественный подход к оценке и анализу ключевых факторов успеха. В этой связи под ключевыми факторами успеха будем понимать совокупность индикаторов производственно-технологического развития отрасли, позволяющих формировать конкурентное преимущество предприятия по различным направлениям развития – производственное, инновационное, научно-техническое и т.п.

Ключевые факторы успеха могут быть различного типа и классифицироваться по направлениям, зависящим от:

- используемых производственных технологий;
- стадий жизненного цикла выпускаемой продукции;
- специфики производственного процесса;
- производственных возможностей предприятия;
- научно-технического и инновационного потенциала предприятия;
- кадрового состава, уровня компетенций персонала предприятия и т.п.

В целях представления модели факторов успеха для предприятий машиностроительной отрасли в условиях дефицита требуемых ресурсов воспользуемся агрегированными статистическими показателями по отрасли машиностроения, проанализированными нами в сопоставимой динамике 2010-2022гг. Описательные статистики, а также условные обозначения показателей для моделирования сведены нами в таблицу 4.2.1.

Введем следующие обозначения для переменных, участвующих в моделировании:

- X_1 – Доля интегрированных технологических решений в продукте, %;
- X_2 – Коэффициент инновационного проникновения цепи, %;
- X_3 – Коэффициент эффективности межотраслевых инвестиций;
- X_4 – Коэффициент адаптации инвестиций под кроссотраслевые требования, %;
- X_5 – Коэффициент межотраслевой технологической актуальности;
- X_6 – Индекс производительности межотраслевых операций, %;
- X_7 – Индекс сложности межотраслевой интеграции, %;
- X_8 – Индекс ресурсоэффективности совместных операций;
- X_9 – Индекс технологической эффективности совместных операций;
- X_{10} – Коэффициент цифровой оснащенности межотраслевого взаимодействия;
- X_{11} – Индекс интра-инновационного проникновения;
- X_{12} – Коэффициент утилизации и переработки отходов в межотраслевой цепи;
- X_{13} – Доля совместных экологических инициатив.

Таблица 4.2.1 – Описательная статистика показателей для моделирования (по машиностроительной отрасли) (рассчитано автором)

Переменная	Среднее	Минимум	Максимум	Размах	Станд. отк.	Коэф. вариации
X_1	21,9	19,6	25,0	5,4	1,6	7,4
X_2	103,6	92,1	117,1	25,0	7,8	7,5
X_3	75,5	66,6	84,4	17,8	5,2	6,8
X_4	17,9	10,0	34,3	24,3	6,4	35,8
X_5	6,0	4,9	6,9	2,0	0,6	10,2
X_6	103,2	100,4	105,8	5,4	1,8	1,7
X_7	96,0	94,7	99,6	4,9	1,6	1,7
X_8	28,7	26,6	30,3	3,7	1,1	3,9
X_9	40,8	39,6	42,3	2,7	0,9	2,1
X_{10}	59572,2	52902,0	68421,0	15519,0	5204,9	8,7
X_{11}	32,3	12,6	55,0	42,4	20,3	62,8
X_{12}	869,2	580,3	1219,5	639,2	210,9	24,3
X_{13}	175,3	58,7	589,3	530,6	189,3	108,0

Поскольку индикаторы выражены в разных единицах измерения, для следующего анализа и построения моделей была проведена их стандартизация, результаты которой как исходные данные для моделирования представлены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2 – Стандартизация исходных показателей модели (рассчитано автором)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
2010	-	1,5	-1,5	1,1	-0,2	1,1	-	-	-	-	-0,9	-	-
2011	-1,4	1,0	0,4	2,6	0,7	1,3	-	-	-	-	-0,8	-	-
2012	-1,1	-0,1	-1,1	-0,2	0,8	1,4	-	0,3	-	-1,3	-0,9	-	-
2013	-0,6	-0,9	0,8	-0,1	1,5	-0,5	-	0,2	0,2	-1,1	-0,9	-	-
2014	-0,2	-1,5	0,7	0,7	1,5	-0,4	-0,5	0,0	0,7	-1,0	-0,9	-	-
2015	-0,5	-1,1	-1,7	0,2	0,5	-1,1	1,1	-1,9	0,4	-0,8	-1,0	-	-
2016	-0,4	-0,3	1,7	0,0	-1,3	-1,6	2,2	-1,4	0,4	-0,5	-1,0	-0,5	-0,2
2017	-0,1	0,4	0,3	-0,5	-0,2	0,4	-0,8	-0,6	0,2	0,2	1,1	-0,4	-0,4
2018	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	0,4	-0,3	-0,2	-1,1	0,4	1,0	0,7	2,2
2019	0,2	-0,8	1,1	-1,2	0,0	0,0	-0,1	0,4	-1,4	0,7	0,9	1,7	0,1
2020	1,9	0,8	-0,2	-0,9	-0,2	0,7	-0,7	0,8	-1,3	0,5	1,1	-1,4	-0,6
2021	1,0	1,7	-0,1	-0,7	-1,0	-1,4	-0,4	1,1	0,2	1,1	1,0	-0,6	-0,6
2022	1,5	-0,2	0,1	-0,5	-1,8	-0,3	-0,5	1,4	1,7	1,7	1,0	0,4	-0,6

На основе расчета коэффициентов линейной корреляции Пирсона была выявлена статистически значимая связь между следующими парами показателей:

- доля интегрированных технологических решений в продукте и индекс ресурсоэффективности совместных операций (X₁ и X₈): коэффициент корреляции составил 0,8, с ростом одного показателя увеличивается другой, следовательно, чем выше доля наукоемкой продукции в формировании валовой добавленной стоимости, тем выше потребление энергетических ресурсов на одного занятого, и наоборот ($P \leq 0,05$);

- коэффициент эффективности межотраслевых инвестиций и индекс сложности межотраслевой интеграции (X₃ и X₇): коэффициент корреляции составил 0,8, с ростом одного показателя увеличивается другой, следовательно,

чем больше вводится в действие основных фондов, тем выше индекс трудоемкости, и наоборот ($P \leq 0,05$);

– коэффициент эффективности межотраслевых инвестиций и индекс интра-инновационного проникновения (X_3 и X_{11}): коэффициент корреляции составил «минус» 0,8, с ростом одного показателя снижается другой, следовательно, чем больше вводится в действие основных фондов, тем меньше доля предприятий, осуществляющих технологические инновации, и наоборот ($P \leq 0,05$); данное противоречивое утверждение для машиностроительного комплекса может быть объяснено негативной динамикой как по вводу в действие основных фондов, так и снижением уровня инновационной активности в машиностроении за последние годы;

– коэффициент межотраслевой технологической актуальности и индекс технологической эффективности совместных операций (X_5 и X_9): коэффициент корреляции составил «минус» 0,9, с ростом одного показателя снижается другой, следовательно, чем больше потребляется электроэнергии на технологические нужды, тем меньше коэффициент обновления основных фондов, и наоборот ($P \leq 0,05$);

– индекс сложности межотраслевой интеграции и индекс интра-инновационного проникновения (X_7 и X_{11}): коэффициент корреляции составил «минус» 0,9, с ростом одного показателя снижается другой, следовательно, чем меньше трудоемкость производства, тем выше доля предприятий, осуществляющих технологические инновации, и наоборот; следовательно у работников высвобождается время от производственной деятельности на прочие виды деятельности, способствующие инновациям – НИОКР, инжиниринг, проектирование и т.п. ($P \leq 0,05$).

Результаты корреляционного анализа сведены в таблицу 4.2.3.

Таблица 4.2.3 – Коэффициенты линейной корреляции показателей модели
(рассчитано автором)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X1	1,0	0,5	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	-0,5	0,8	0,1	0,7	0,4	-0,4	-0,6
X2	0,5	1,0	-0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	-0,7	-0,5
X3	-0,5	-0,4	1,0	0,2	-0,1	-0,5	0,8	-0,6	0,1	-0,6	-0,8	0,2	-0,2
X4	-0,4	-0,1	0,2	1,0	-0,6	-0,4	0,6	-0,6	0,6	-0,5	-0,7	-0,3	0,2
X5	-0,2	0,0	-0,1	-0,6	1,0	0,6	-0,4	-0,2	-0,9	-0,3	0,4	0,1	0,2
X6	0,1	-0,2	-0,5	-0,4	0,6	1,0	-0,7	0,2	-0,5	0,1	0,7	0,1	0,3
X7	-0,5	-0,3	0,8	0,6	-0,4	-0,7	1,0	-0,7	0,2	-0,6	-0,9	0,0	0,0
X8	0,8	0,3	-0,6	-0,6	-0,2	0,2	-0,7	1,0	0,1	0,9	0,7	0,1	-0,3
X9	0,1	0,1	0,1	0,6	-0,9	-0,5	0,2	0,1	1,0	0,3	-0,2	-0,1	-0,4
X10	0,7	0,2	-0,6	-0,5	-0,3	0,1	-0,6	0,9	0,3	1,0	0,7	0,2	-0,2
X11	0,4	0,3	-0,8	-0,7	0,4	0,7	-0,9	0,7	-0,2	0,7	1,0	0,1	0,1
X12	-0,4	-0,7	0,2	-0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,2	0,1	1,0	0,5
X13	-0,6	-0,5	-0,2	0,2	0,2	0,3	0,0	-0,3	-0,4	-0,2	0,1	0,5	1,0

Определим количество факторов успеха для предприятий машиностроительной отрасли, принимая во внимание ресурсные ограничения по росту объемов производства, инновационной активности, производительности труда и энергоэффективности, инвестициям.

Для этого воспользуемся процедурой компонентного анализа, результаты которого показали, что целесообразным является разделить совокупность показателей, характеризующих развитие предприятий машиностроительной отрасли на 4 группы факторов, о чем свидетельствуют собственные значения факторов, которые получились больше единицы (таблица 4.2.4).

Таблица 4.2.4 – Компонентный анализ показателей, характеризующих развитие предприятий машиностроительной отрасли (рассчитано автором)

№ п/п	Собственное значение фактора	% объясняемой дисперсии фактора	Накопленное собственное значение фактора	Накопленный % объясняемой дисперсии фактора
1	5,339593	41,07379	5,33959	41,0738
2	3,421343	26,31802	8,76094	67,3918
3	1,861834	14,32180	10,62277	81,7136
4	1,287149	9,90115	11,90992	91,6148
5	0,601535	4,62719	12,51145	96,2420
6	0,488546	3,75805	13,00000	100,0000

Использование графического метода «каменистой осыпи» также подтвердило целесообразность разделения совокупности показателей, характеризующих развитие предприятий машиностроительной отрасли на 4 группы факторов, о чем свидетельствует максимальное замедление темпов прироста дисперсии, объясняемой фактором, начиная с четвертого шага (рисунок 4.2.1).

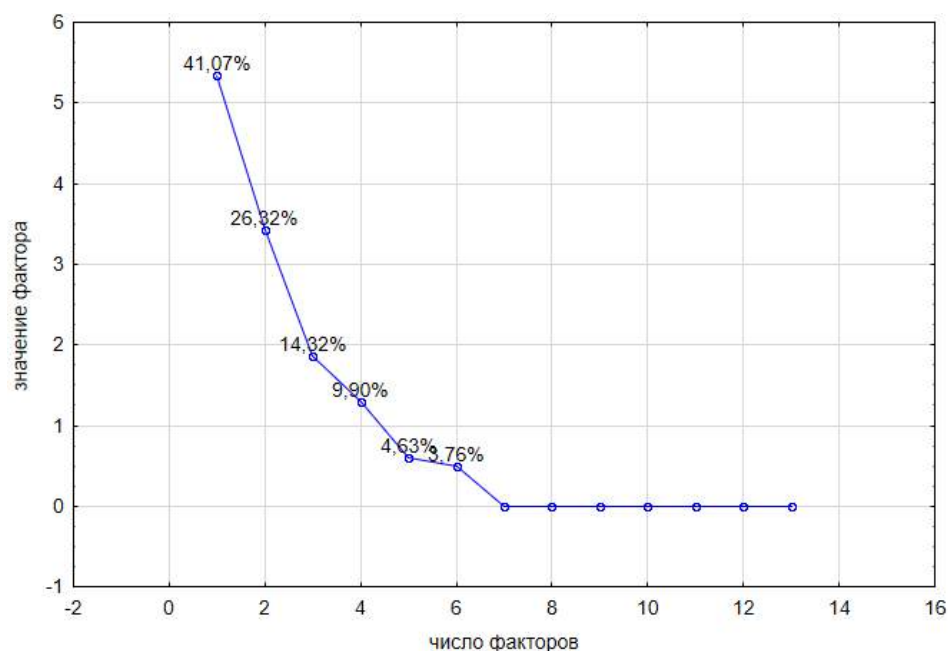


Рисунок 4.2.1 – Метод «каменистая осыпь» для определения числа факторов (рассчитано и построено автором)

Ландшафт факторных переменных, а также объясняемые ими дисперсии, в графическом исполнении представлены на рисунке 4.2.2.

На основе выполненного в рамках диссертационного исследования моделирования и проведенного системного анализа представляется возможным дать характеристику качеству межотраслевого взаимодействия при производстве наукоемкой машиностроительной продукции. По нашему мнению, качество межотраслевого взаимодействия проявляется в достижении двух взаимосвязанных целевых состояний: технологического суверенитета и опережающей адаптивности цепи поставок. Данные категории не являются абстрактными декларациями, а представляют собой измеримые и конкретные характеристики, определяющие эффективность функционирования межотраслевой кооперации.

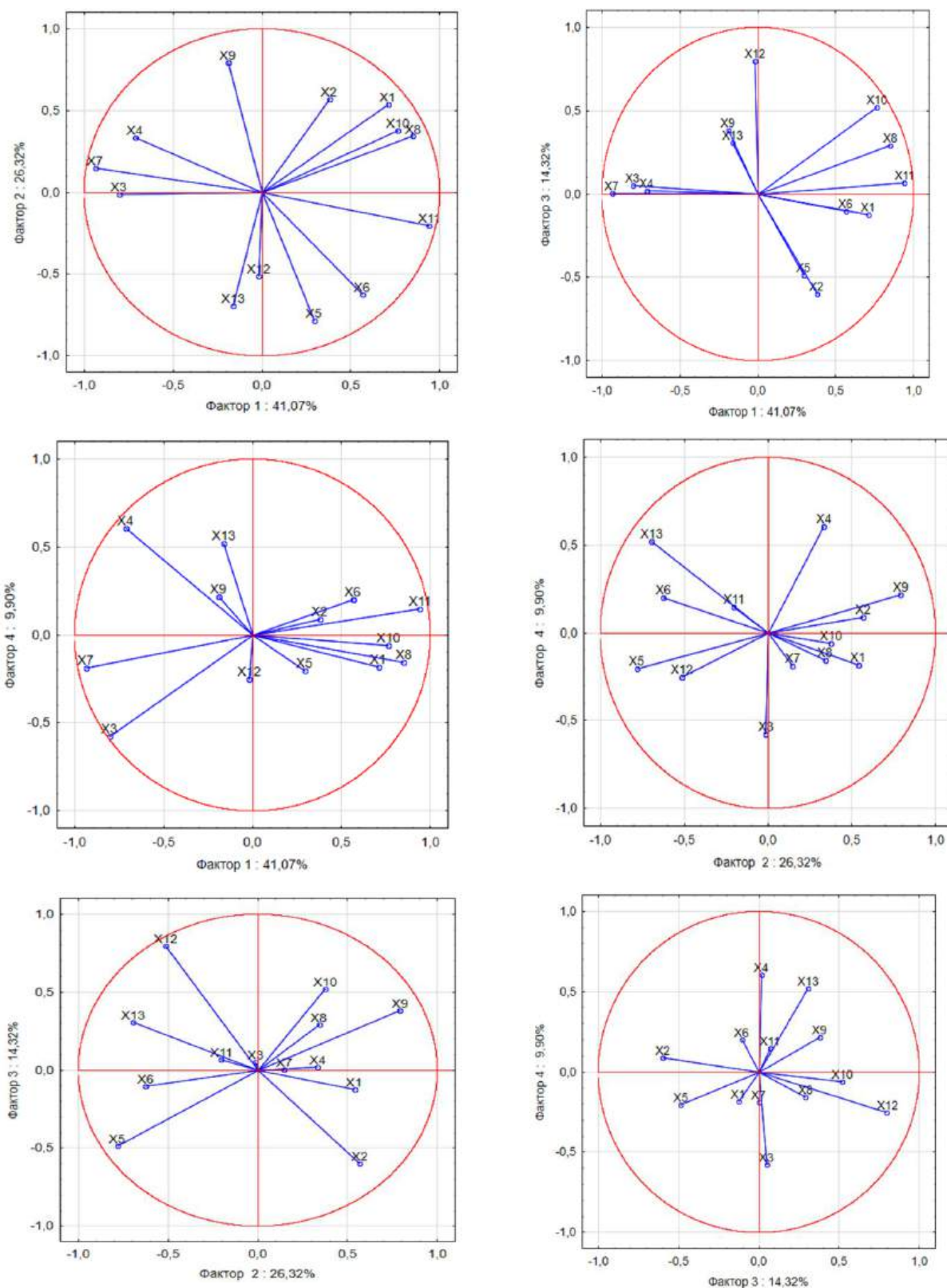


Рисунок 4.2.2 – Ландшафт факторных переменных факторной модели (расчитано и построено автором)

Обеспечение технологической локализации производства в контексте качества межотраслевого взаимодействия понимается не как формальное замещение импортных комплектующих отечественными аналогами, а как обеспечение такого уровня качества и технологий, который позволяет производить продукцию, соответствующую или превосходящую мировые стандарты. Достижение данного состояния невозможно без качественного взаимодействия трех ключевых звеньев: научно-исследовательских институтов, разрабатывающих новые материалы и технологии; производителей материалов (металлургия, химическая промышленность), обеспечивающих требуемые свойства сырья и компонентов; и машиностроительных предприятий, осуществляющих финальную сборку и выпуск готовой продукции. В данном контексте качество выступает не просто как отсутствие дефектов, а как системная способность самостоятельно разрабатывать и воспроизводить высокотехнологичную продукцию с заданными эксплуатационными характеристиками.

Опережающая адаптивность цепи поставок представляет собой способность всей межотраслевой цепочки – от поставщиков сырья (Tier 3) до производителя конечной продукции – быстро и качественно реагировать на меняющиеся внешние условия (санкционные ограничения, дефицит критических компонентов, новые требования заказчиков) и внутренние потребности (внедрение инноваций, реализация проектов локализации). Качество межотраслевого взаимодействия в данном аспекте проявляется в трех ключевых параметрах: скорости обмена информацией между участниками кооперации, гибкости перестройки производственных процессов при изменении номенклатуры или объемов выпуска, а также общей устойчивости цепи к возмущениям различной природы. Цепь поставок, способная быстро перестраиваться без потери качества конечной продукции, демонстрирует высокий уровень качества межотраслевого взаимодействия.

Выделение в качестве объектов производства наукоемкой продукции (в частности, современного компрессорного оборудования) подчеркивает специ-

фику рассматриваемой предметной области. Производство наукоемкой продукции требует высочайшего качества на всех этапах жизненного цикла – от фундаментальных исследований до сервисного обслуживания. Данное качество прямо детерминировано глубиной и содержательностью взаимодействия между научными учреждениями, инжиниринговыми центрами и производственными предприятиями, принадлежащими к различным отраслям промышленности.

Предлагаемый подход к характеристике качества межотраслевого взаимодействия обладает рядом преимуществ, имеющих методологическое значение для настоящего исследования. Во-первых, измеримость: технологический суверенитет может быть количественно оценен через долю локализации критических технологий (в соответствии с требованиями постановления Правительства РФ № 719), а адаптивность – через показатели скорости вывода новых продуктов на рынок или времени реакции цепи на возникновение сбоев. Во-вторых, конкретность: предлагаемые категории позволяют уйти от абстрактного понимания «успеха» межотраслевого взаимодействия к четким, стратегически ориентированным целям, поддающимся планированию и контролю. В-третьих, акцент на качество: введенное понятие «качества межотраслевого взаимодействия» выступает связующим звеном между технологической локализацией и адаптивностью, позиционируя качество как условие, а не как результат. В-четвертых, релевантность: предложенная система категорий полностью соответствует задачам настоящего диссертационного исследования, направленного на создание интегрированной системы менеджмента в цепях поставок и решение системных проблем межотраслевого взаимодействия, выявленных в ходе анализа текущего состояния машиностроительной отрасли.

Далее на основе процедуры факторного анализа было получено распределение показателей предприятий машиностроительной отрасли по качеству межотраслевого взаимодействия (таблица 4.2.5). Показатель включался в «фактор успеха», если его коэффициент корреляции с фактором по модулю

превышал 0,6 и являлся статистически значимым ($P \leq 0,05$). В моделировании применялся метод вращения компонент «циклический сдвиг» (Varimax raw).

Таблица 4.2.5 – Распределение показателей предприятий машиностроительной отрасли по качеству межотраслевого взаимодействия (рассчитано автором)

Показатель	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
	Ресурсосбережение и наукоемкость производства	Производительность труда, инновации	Основные фонды, энергоресурсы и инвестиции в модернизацию	Экологизация и темпы роста производства
X ₃	-0,22	-0,94	0,01	0,20
X ₇	-0,49	-0,78	0,30	0,07
X ₁₁	0,52	0,76	-0,32	0,02
X ₆	0,02	0,63	-0,58	0,17
X ₅	-0,12	0,16	-0,97	0,01
X ₉	0,15	-0,09	0,90	-0,12
X ₄	-0,70	-0,08	0,70	-0,11
X ₁₂	0,20	-0,06	-0,09	0,96
X ₂	0,22	0,18	0,05	-0,87
X ₁₃	-0,54	0,42	-0,11	0,63
X ₈	0,89	0,40	0,08	-0,07
X ₁₀	0,86	0,41	0,28	0,11
X ₁	0,74	0,23	0,06	-0,50
Извлеченная переменная	3,52	3,10	2,87	2,42
Доля объясняемой дисперсии	0,27	0,24	0,22	0,19

В результате моделирования были получен ландшафт по качеству межотраслевого взаимодействия для предприятий машиностроительной отрасли, представленный в количественно-качественном выражении. Так, первый, наиболее значимый ключевой фактор образован показателями, характеризующими ресурсосбережение и наукоемкость производства (X₁ – доля интегрированных технологических решений в продукте, %; X₈ – Индекс ресурсоэффективности совместных операций; X₁₀ – Коэффициент цифровой оснащенности

межотраслевого взаимодействия), на его долю приходится 27% успеха деятельности предприятий машиностроения в условиях ресурсных ограничений.

Второй по значимости ключевой фактор образован показателями, характеризующими производительность труда, инновационную активность и состояние основных фондов на предприятии (X_3 – Коэффициент эффективности межотраслевых инвестиций; X_7 – Индекс сложности межотраслевой интеграции, %; X_{11} – Индекс интра-инновационного проникновения, %), на его долю приходится 24% успеха деятельности предприятий машиностроения в условиях ресурсных ограничений.

Третий по значимости ключевой фактор успеха сформирован показателями, характеризующими состояние основных фондов, энергоресурсы и инвестиции в модернизацию (X_4 – Коэффициент адаптации инвестиций под кросс-отраслевые требования, %; X_5 – Коэффициент межотраслевой технологической актуальности; X_9 – Индекс технологической эффективности совместных операций, %), на его долю приходится 22% успеха деятельности предприятий машиностроения в условиях ресурсных ограничений.

Замыкающий четвертый по значимости ключевой фактор успеха сформирован показателями, характеризующими экологизацию и темпы роста производства (X_2 – Коэффициент инновационного проникновения цепи, %; X_{12} – Коэффициент утилизации и переработки отходов в межотраслевой цепи; X_{13} – Доля совместных экологических инициатив), на его долю приходится 19% успеха деятельности предприятий машиностроения в условиях ресурсных ограничений.

Таким образом, выделенные четыре фактора формируют свыше 90% (92%) качества межотраслевого взаимодействия предприятий машиностроительной отрасли в условиях ресурсных ограничений. Удельный вес факторов, определяющих качество межотраслевого взаимодействия машиностроительной отрасли, позволяет говорить о необходимости их сбалансированного сочетания для развития предприятий машиностроительной отрасли (рисунок 4.2.3).



Рисунок 4.2.3 – Удельный вес факторов, формирующих качество межотраслевого взаимодействия предприятий машиностроительной отрасли, % (составлено автором)

Полагаем, что представленные в таблице комплексные показатели, раскрывающие качество межотраслевого взаимодействия в машиностроительной отрасли, всесторонне отражают аспекты качества как организационно-технической категории. В их составе учитываются: качество ресурсного обеспечения, технологической и кадровой оснащенности производства и цепей поставок; качество использования ресурсов в производстве с позиции ESG-трансформации производственных процессов и процессов управления; а также качество перехода к новой модели технологического развития, основанной на ресурсоэффективности, импортозамещении и технологической независимости. Все отмеченное позволяет рассматривать качество межотраслевого взаимодействия в машиностроительной отрасли с позиции системного подхода к управлению сквозными процессами в цепях поставок машиностроительных предприятий в условиях ограничения ресурсов.

Практическая значимость предложенной разработки заключается в том, что данные показатели позволяют: объективно оценивать эффективность интегрированной системы менеджмента в цепях поставок (ИСМ ЦП) – не просто наличие сертификата ISO 9001, а реальное качество взаимодействия между предприятиями; выявлять «узкие места» в цепи поставок (например, низкий индекс сложности межотраслевой интеграции может указывать на проблемы в коммуникации или стандартизации между машиностроителями и IT-сектором); стимулировать развитие партнерских отношений, поскольку поставщики получают мотивацию работать над улучшением показателей, напрямую влияющих на успех всей цепи; принимать обоснованные управленческие решения, позволяя руководству видеть, на каком именно межотраслевом стыке требуется дополнительное внимание для повышения общей эффективности. Таким образом, предлагаемая переориентация показателей обеспечивает переход от оценки «эффективности отдельного кирпича» к оценке «прочности стены», построенной из этих кирпичей, что соответствует системному характеру управления межотраслевыми цепями поставок.

Результаты проведенного моделирования демонстрируют, какие факторы и индикаторы являются ключевыми для успеха машиностроительной отрасли. Однако в контексте межотраслевого взаимодействия их смысл кардинально трансформируется: мы переходим от оценки «успеха отдельного предприятия» к оценке «успеха межотраслевой экосистемы». Ключевые выводы, связанные с межотраслевым взаимодействием, сводятся к следующему.

1. Доминирование технологической базы. Высокая факторная нагрузка индикаторов «Степень износа основных производственных фондов (ОПФ)» (0,95) и «Доля машин и оборудования в объеме ОПФ» (0,87) на Фактор 1 «Технологическое обеспечение» указывает на критическую зависимость успеха от состояния коллективной технологической базы всей цепи. Для производства высококачественного компрессорного оборудования (показатель «Доля высокотехнологичной продукции» имеет нагрузку 0,86) недостаточно, чтобы только головное предприятие располагало современным оборудованием. Если

металлургический завод (поставщик уровня Tier 3) работает на изношенных станках, это напрямую скажется на качестве заготовок и, как следствие, на надежности конечного изделия. Данный фактор требует синхронной модернизации оборудования по всей цепи поставок, а контроль качества должен начинаться с проверки технологической готовности и состояния основных фондов у поставщиков всех уровней.

2. Проблема обновления технологической базы. Негативная корреляция «Коэффициента обновления ОПФ» с Фактором 1 «Технологическое обеспечение» является тревожным сигналом. Это означает, что устаревшая технологическая база сама становится препятствием для ее же обновления. В межотраслевом контексте данная проблема приобретает системный характер: если один из ключевых поставщиков (например, станкостроительное предприятие) не обновляет свои фонды, это создает системный барьер для инноваций всей цепи, даже если остальные звенья готовы к развитию. Преодоление данного противоречия требует формирования межотраслевой инвестиционной стратегии, включающей координацию программ обновления основных фондов между предприятиями, возможно, с государственной поддержкой или в рамках долгосрочных контрактов.

3. Коллективная производительность как фактор успеха. Высокие нагрузки «Индекса производительности труда» (0,90) и «Индекса изменения фондоотдачи» (0,81) на Фактор 2 «Ресурсное обеспечение» показывают, что общая производительность и эффективность использования активов всей межотраслевой цепи являются ключевыми факторами успеха. Низкий «Индекс производительности межотраслевых операций» у любого звена замедляет весь процесс. Данный вывод подчеркивает необходимость внедрения сквозных методологий операционной эффективности (например, принципов бережливого производства) по всей цепи. Если металлургическое предприятие оптимизирует свое производство, это дает прямой выигрыш в индексе производительности межотраслевых операций для машиностроительного предприятия.

4. Комплексность факторов успеха. Успех складывается из множества факторов с близкими долями объясняемой дисперсии: ресурсосбережение и наукоемкость (27%), производительность труда и инновации (24%), инвестиции в модернизацию (22%), экологизация и темпы роста производства (19%). Это означает, что для успешного межотраслевого взаимодействия требуется сбалансированный подход, а не фокусировка на каком-либо одном аспекте. Данный вывод подчеркивает необходимость внедрения ИСМ ЦП, способной координировать все эти аспекты на межотраслевом уровне, а не только в рамках отдельной компании.

Проведенный факторный анализ подтверждает критическую значимость наличия единого информационного пространства (ЕИП) для эффективного межотраслевого взаимодействия. Во-первых, показатели «Степень износа ОПФ» и «Коэффициент обновления ОПФ» перестают быть внутренними проблемами отдельного завода – через единое информационное пространство и интегрированные ключевые показатели эффективности эти данные становятся сигналами для всей цепи поставок. Во-вторых, достижение высокой «Доли высокотехнологичной продукции» невозможно без совместного проектирования в PLM-системах, являющихся элементами единого информационного пространства. В-третьих, «Индекс производительности межотраслевых операций» не может быть объективно измерен и улучшен без сквозного мониторинга в MES/SCADA-системах у всех участников межотраслевой кооперации.

Таким образом, можно заключить, что успех технологического развития и локализации машиностроительной отрасли неразрывно связан с инвестициями в коллективную технологическую базу и синхронизацией производственных процессов по всей межотраслевой цепи. Единое информационное пространство выступает при этом не просто желательным условием, а фундаментально необходимым элементом, обеспечивающим прозрачность, управляемость и возможность координации деятельности всех участников цепочки создания стоимости. Только при наличии такой интеграционной платформы становится возможной реализация системного подхода к управлению сквозными

процессами в цепях поставок машиностроительных предприятий в условиях ограничения ресурсов.

Таким образом, по результатам проведенного моделирования следует сделать следующие выводы:

1) качество технологического развития предприятий машиностроительной отрасли в равнозначной мере определяется сбалансированным сочетанием ресурсосбережения и наукоемкости производства; повышением производительности труда, ростом инновационной активности, обновлением основных фондов; энергосбережением и инвестициями в модернизацию производства; экологизацией и темпами роста производства;

2) наибольшее влияние на формирование качества межотраслевого взаимодействия предприятий машиностроительной отрасли оказывают реализация политики ресурсосбережения и повышение наукоемкости, технологичности производства;

3) представленные результаты моделирования и полученные на их основе выводы используются в деятельности предприятий машиностроительной отрасли при разработке программ модернизации научно-технологической базы с привязкой к ключевым показателям эффективности деятельности, что позволит проводить мониторинг качества реализации данных программ и инфраструктурных проектов отрасли, выявлять взаимосвязи между индикаторами производственно-технологического развития, выстраивать цепочку приоритетов развития в условиях ресурсных ограничений по инвестициям, производительности и производственным мощностям.

4.3 Структурное моделирование элементов интегрированной системы менеджмента в цепях поставок предприятий машиностроительной промышленности

Развитие технологического суверенитета в условиях ограничения научных разработок и производственных ресурсов требует, соответственно, параллельного развертывания двух процессов: развития науки и производственной системы. Как было сказано ранее, в контексте развития технологического суверенитета основными элементами СМК на предприятии машиностроения являются:

- организация системы контроля качества – необходимые средства для осуществления контроля и сотрудники, отвечающие за качество;
- производственные процессы – взаимосвязанные элементы функциональной деятельности предприятия;
- процедура или регламент, как установленный порядок деятельности;
- производственная документация – информация, относящаяся к условиям технологического процесса производства продукции, должностным обязанностям, инструкциям;
- производственные ресурсы, позволяющие осуществлять менеджмент качества.

После того, как элементы СМК на предприятии машиностроения определены, задача состоит в поиске методов, инструментов, средств, позволяющих корректно выстроить их работу для получения высокой результативности управления производством.

Одним из наиболее важных подходов к моделированию ИСМ можно предложить использование параллельного проектирования продукции и сопутствующих процессов. Параллельное проектирование определяется как системный подход к созданию продукта, предусматривающее проектирование и разработку всех процессов производства с учетом информационной поддержки в условиях ограниченных ресурсов и с меньшим количеством ошибок.

В последние годы параллельное проектирование (инжиниринг) производства и дистрибуции стало важной темой в управлении технологической цепью и цепью поставок. Однако параллельный инжиниринг, учитывающий распределенные производственные среды, редко исследуется ввиду его низкого уровня разработанности. Более того, обучение с подкреплением редко сочетается с метаэвристикой для решения проблем проектирования и разработки всех процессов производства. В этой работе изучается интегрированная задача планирования распределенного потока и дистрибуции и предоставляется математическая модель. По причине сложности задачи многоцелевая оптимизация процессов производства осуществляется на основе Q-обучения или алгоритма обучения с подкреплением, который позволяет оптимизировать стратегию управления производством в динамичной среде.

В настоящее время все большее число предприятий машиностроения интегрируют разработку и планирование производства продукции и, непосредственно, свою производственную и дистрибьюторскую деятельность. Планирование и производство являются основными компонентами, которые оказывают решающее влияние на эффективность производственных процессов и цепи поставок. Традиционно эти два компонента организуются и управляются индивидуально, что приводит к низкой эффективности с технической и экономической точки зрения. Кроме того, параллельное проектирование (инжиниринг) может снизить общие эксплуатационные расходы до 20%.

С развитием интенсивного сотрудничества между предприятиями машиностроения развивается распределенное производство, включающее несколько заводов, что заменяет традиционный режим централизованного производства. Распределенный поточный цех широко используется как распределенная производственная система, а его универсальная функциональность полезна для повышения производительности и снижения затрат. Исходя из этого, проблемы планирования распределенного потока, учитывающие различные ограничения, включая блокировку, потоковую передачу партий продукции,

отсутствие ожидания, отсутствие простоя и ограниченные хранилища, являются актуальными в машиностроении.

Параллельное проектирование нового продукта осуществляется инженерами-технологами с использованием программных средств моделирования, где зачастую используется PLM-система для целей автоматизации всех стадий производственного процесса:

- управления данными;
- проектирования продукции и процессов и инженерного анализа;
- управления производственным оборудованием;
- разработки технологических процессов.

По сути, PLM-технологии – это интеграция прикладных продуктов PDM, ERP, MES, SCM и пр. В том числе PLM-технологии имеют высокий потенциал для реализации «обратного инжиниринга», представляющего собой процесс разработки технической документации на основе имеющегося продукта (рисунок 4.3.1). Перечень технически сложных товаров утвержден постановлением Правительства РФ от 10.11.2011 № 924 (в ред. от 27.03.2019 года). Следующим направлением организации работы элементов СМК на предприятии машиностроения является разработка и формирование лабораторной базы исследования импортозамещающей продукции. В условиях повышенной конкуренции предоставляемые продукт или услуга должны быть максимально качественными, то есть соответствовать установленным нормам и требованиям.

Информационные технологии являются основой автоматизации деятельности, оптимизации процессов и повышения эффективности работы исследований. Для улучшения качества оказываемых услуг в области исследований (испытаний) и измерений с 1 сентября 2019 года приказом Росстандарта от 15.07.2019 № 385-ст «О введении в действие межгосударственного стандарта» в качестве национального стандарта Российской Федерации, который является аутентичной версией международного стандарта ISO/IEC 17025:2017

«Общие требования к компетентности испытательных лабораторий» был введен стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [21].

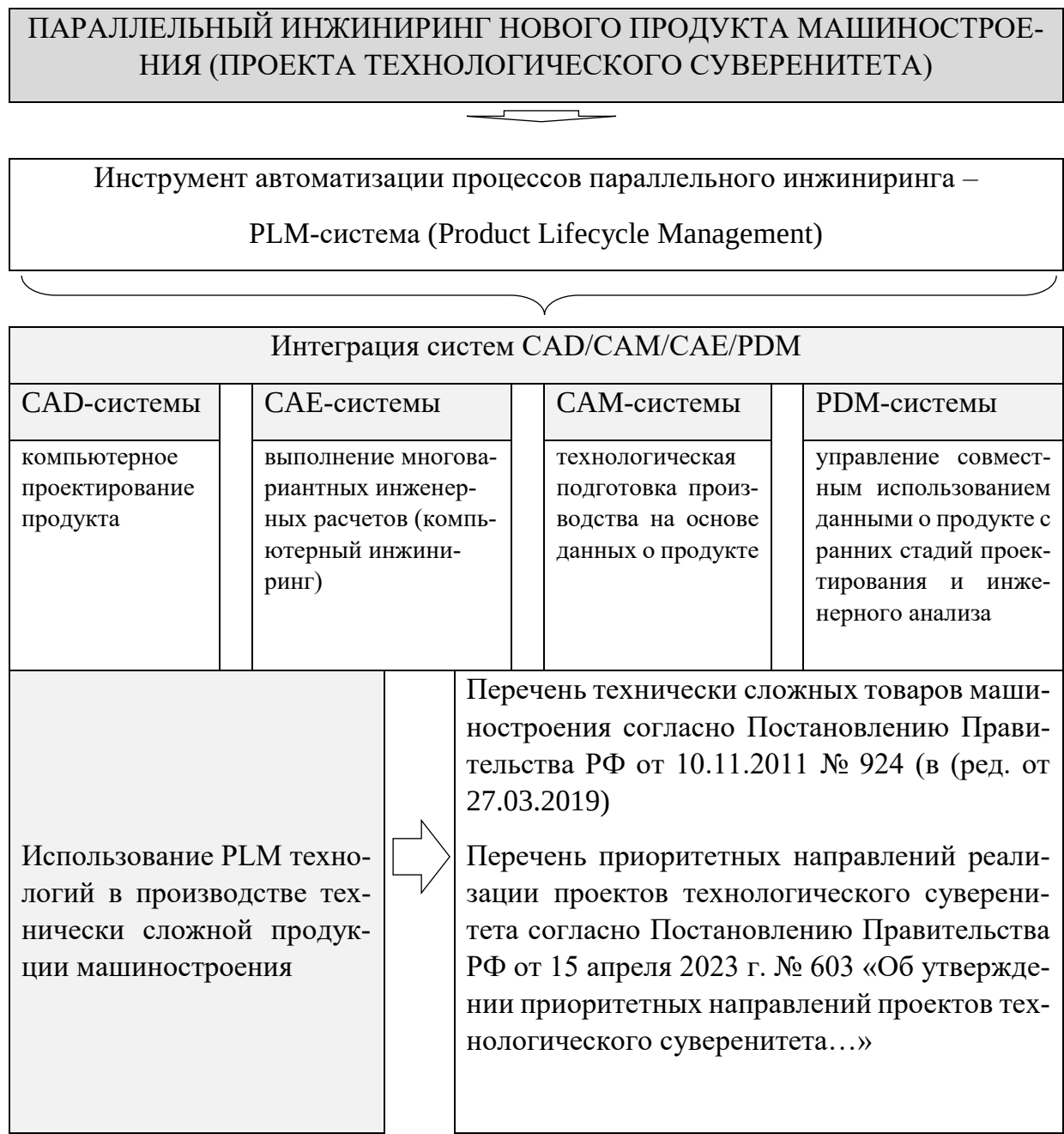


Рисунок 4.3.1 – Информационная поддержка процессов параллельного проектирования новой продукции (проекта технологической локализации) машиностроения на основе PLM-технологий (дополнено автором по [263])

Другим важным аспектом в деятельности испытательных лабораторий является управление рисками. Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 лаборатория

должна планировать и осуществлять действия по управлению рисками и возможностями. Управление рисками и возможностями дает возможность организации улучшать результаты своей деятельности, предотвращать негативные последствия и повышать результативность системы менеджмента качества. Каждая лаборатория сама принимает решение, какие риски и возможности она рассматривает и какие меры принимает для их минимизации или устранения.

Управление рисками включает в себя следующие процедуры:

- идентификация рисков;
- анализ и оценка рисков;
- ранжирование рисков;
- разработка корректирующих и предупреждающих действий по устранению причин выявленных рисков и возможностей;
- аудит со стороны руководства за выполнением мероприятий по устранению или минимизации рисков и возможностей.

Идентификация рисков заключается в систематическом выявлении и изучении рисков, которые характерны для данного вида деятельности. Идентификация рисков начинается с определения опасностей, угрожающих химической лаборатории, шансов, создающих благоприятные возможности для достижения поставленных целей, определения характера последствий реализации риска, факторов, увеличивающих или уменьшающих вероятность и последствия реализации рисков, определения причинно-следственных связей.

Анализ и оценка проводятся по каждому идентифицированному риску на каждом этапе жизненного цикла предоставления услуг в химико-аналитической лаборатории. Оценивается влияние рисков на способность удовлетворить потребителя (заявителя), на качество выполняемых измерений, на соответствие каждого этапа функционирования лаборатории установленным требованиям.

При ранжировании рисков выделяют наиболее значимые риски, их вероятность и тяжесть последствий. Каждый идентифицированный риск должен иметь качественную и/или количественную оценку. Далее для каждого риска

или вероятности разрабатываются корректирующие мероприятия, которые должны обеспечить снижение вероятности возникновения данного риска или минимизацию негативных последствий реализации данного риска.

Ранжирование риска происходит при использовании «матрицы рисков». Вероятность и тяжесть последствий определяются по пятибалльной шкале. Уровень риска находят по произведению вероятности и тяжести риска. При систематическом анализе рисков шкалу для оценки лаборатория может разрабатывать для себя сама по своим статистическим данным.

Следующим направлением организации работы элементов СМК на предприятии машиностроения является использование многосторонних инструментов бережливого производства. Применение данной концепции может значительно повысить эффективность производства путем сокращения всех видов потерь и увеличить ценность конечного продукта для потребителя. В частности, обслуживание оборудования предприятия машиностроения является весьма трудоемким и затратным процессом. Поэтому, с целью оптимизации используемых ресурсов, необходимо внедрять концепцию бережливого производства, включающую в себя комплекс методов и инструментов, способствующих выполнению производственной задачи в сокращенные сроки, с минимальными затратами и с необходимым для заказчика качеством конечного продукта [95,109].

Бережливое производство позволяет стандартизировать работу и организовать безопасное эффективное производство. В качестве инструментов стандартизации используются хронометраж и нормирование. В части оптимизации процесса переналадки оборудования целесообразен метод «SMED», направленный на сокращение длительности остановки станка во время его переналадки. Схема этапов переналадки оборудования представлена на рисунке 4.3.2.

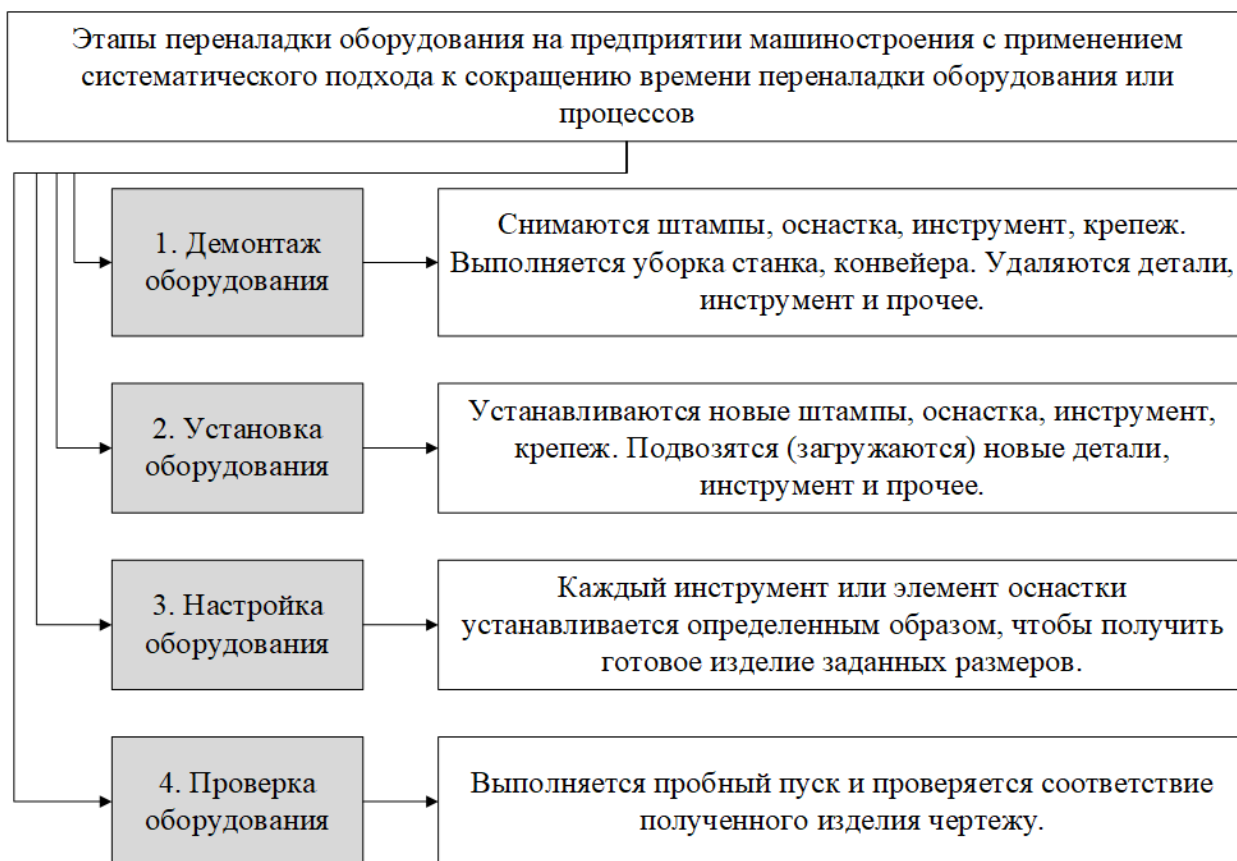


Рисунок 4.3.2 – Этапы переналадки оборудования в рамках обеспечения технологической локализации производства на предприятии машиностроения с применением систематического подхода к сокращению времени переналадки оборудования или процессов (обобщено автором)

Целями применения метода «SMED» для улучшения процесса переналадки оборудования на предприятиях машиностроения являются:

- уменьшение времени простоя оборудования;
- сокращение элементов «незавершенного производства» (продукции, не прошедшей всех стадий, предусмотренных технологическим процессом, а также изделий, которые не были укомплектованы, испытаны и не прошли техническую приемку);
- расширение ассортимента выпускаемой продукции.

Эффективным инструментом для целей адекватной и оперативной оценки состояния производственной системы является метод «Визуализация»,

предполагающий совокупность действий, которые способствуют такому расположению всех элементов системы (инструментов, деталей и т.д.), чтобы каждый участник производственного процесса мог максимально быстро оценить работоспособность этой системы. Визуализацию можно рассматривать в двух аспектах:

- как метод представления информации в виде оптического изображения (рисунков, диаграмм, графиков, структурных схем, карт, таблиц и т.д.);
- как размещение всех инструментов, собираемых узлов, деталей, информации о производственном процессе так, чтобы они были видны с первого взгляда.

Метод «ТРМ» направлен на повышение эффективности оборудования за счет обслуживания, которое предотвращает сбои в его работе. В большей степени ТРМ строится на предсказуемости и предотвращении поломок и, в меньшей степени, на исправлении поломок. Отличительной особенностью ТРМ является вовлеченность в работу всего персонала (отсюда и название метода). Метод ТРМ построен на основе стабилизации и непрерывного улучшения процессов технического обслуживания, системы планового предупредительного ремонта, работы по принципу «ноль дефектов».

Рассмотрим решение частных проблем, которые удалось решить с помощью методов и инструментов бережливого производства на заготовительном участке цеха №17 АО «Казанькомпрессормаш».

1. Для решения проблемы по образованию на станках значительных запасов незавершённого производства (НЗП), что приводило к снижению выпуска готовых деталей и увеличению времени производственного процесса (ВПП), была организована работа в ячейках с ежедневным запуском по два корпуса в смену. В результате внедрения данного бизнес-процесса количество НЗП сократилось с 12 до 2 штук (рисунок 4.3.3).

Общее сокращение незавершенного производства в потоке (шт.)

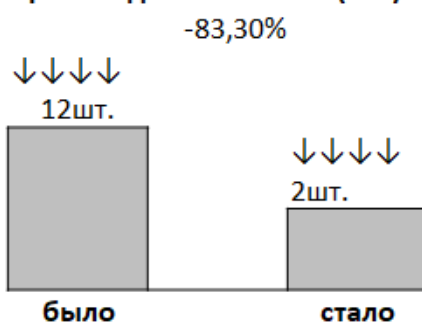


Рисунок 4.3.3 – Общее сокращение незавершенного производства в потоке
(построено автором)

2. Для решения проблемы по увеличению производительности труда была проведена оптимизация рабочих операций и устранены ненужные действия. Это повысило эффективность использования трудовых ресурсов, а также позволило увеличить объем выпускаемой продукции.

До внедрения программы БП загрузка операторов оборудования не превышала 50%, так как они постоянно контролировали станок при фрезеровке деталей. После стандартизации работы и внедрения многостаночного обслуживания загрузка операторов выросла до 90%, что повысило загрузку оператора, увеличило производительность и оптимизировало использование ресурсов (рисунок 4.3.4).

Увеличение загрузки оператора в смену (%)

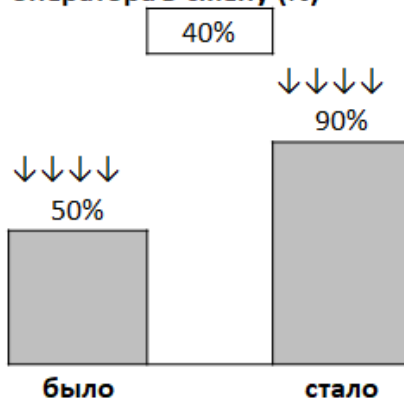


Рисунок 4.3.4 – Увеличение загрузки оператора на смену
(построено автором)

3. Для решения проблемы, связанной с применением абразивного круга, было решено применить инструмент БП SMED.

Суть проблемы заключалась в следующем. На каждую операцию требуется определенный абразивный круг, на что тратилось определенное время. Посредством внедрения системы SMED - переналадки оборудования:

1) было определено удобное для работника место хранения абразивных кругов (поиск занимает не более 30 сек.).

2) каждый абразивный круг был подписан с указанием, какой абразивный круг необходимо применять на определенную операцию.

Тем самым добились сокращения времени смены абразивного круга при переходе с одной детали на другую (со 115 секунд до 20 секунд) (рисунок 4.3.5).

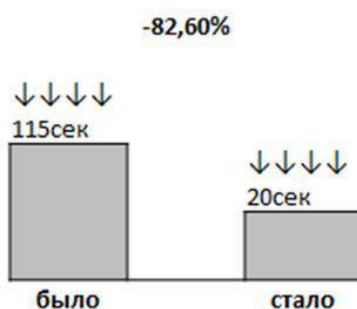


Рисунок 4.3.5 – Результат при переналадке оборудования
(построено автором)

4. Следующей проблемой, требующей решения, стало отсутствие ручек на тележках. Из-за этого рабочие передвигали их ногой или толкали руками, что значительно нагружало суставы и связки, негативно сказываясь на здоровье. Для решения этой проблемы была внедрена малая механизация: к каждой тележке прикрепили съёмную ручку. Это нововведение позволило существенно снизить количество обращений в медицинский пункт завода с жалобами на боли и травмы. До внедрения данной меры ежемесячно регистрировалось около 35 обращений, после — количество снизилось до 20 (рисунок 4.3.6).

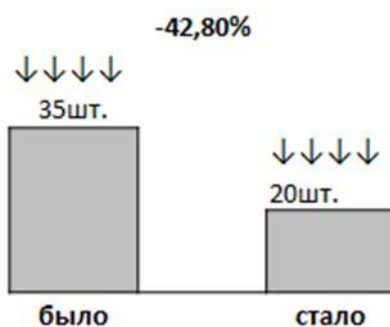


Рисунок 4.3.6 – Показатель обращений в медицинский пункт
(построено автором)

5. Ранее отдел технического контроля выявлял высокий уровень дефектов на выходе из производственного потока изготовления корпусов СК-6ВВ. Для устранения этой проблемы был внедрён инструмент бережливого производства Рока-уоке. Теперь, пока оператор технического контроля не подтвердит проверку операции, терминал не позволяет отметить маршрутно-сопроводительную карту проверяемой детали. Таким образом, дефектные изделия не допускаются к следующему этапу производства. В результате применения данного решения количество брака сократилось с 9 до 2 штук, что значительно повысило качество продукции и эффективность процесса (рисунок 4.3.7).

Сокращение количества брака, шт.

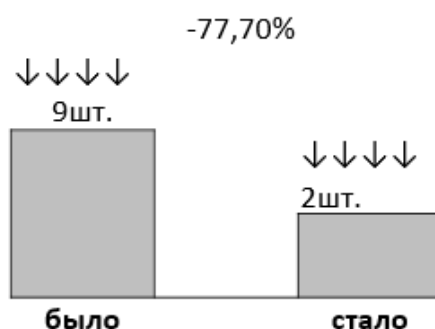


Рисунок 4.3.7 – Сокращение количества брака (построено автором)

6. За счет применения инструмента БП ТРМ на 10% повысился коэффициент загрузки оборудования в цехах-потребителях (механические цеха

и сборочные цеха) продукции (заготовок) цеха №17, что свидетельствует о более эффективном использовании производственных мощностей.

При работе с оптической линейкой на расточном станке наблюдалась значительная потеря времени на установку и переустановку деталей. Для оптимизации данного процесса с использованием инструмента ТРМ было предложено модернизировать станок, установив стойку с индикатором. Внедрение этой меры позволило повысить производительность станка: если ранее выпуск продукции составлял 18 единиц в месяц, то после модернизации он увеличился до 23 единиц (рисунок 4.3.8).

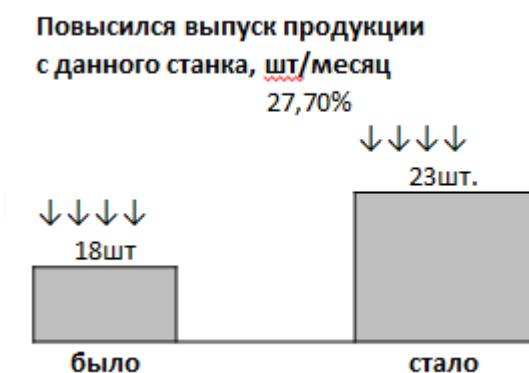


Рисунок 4.3.8 – Результат повышения производительности станка
(построено автором)

В цехах АО «Казанькомпрессормаш» внедрение инструментов бережливого производства открывает новые возможности для повышения операционной эффективности. Для решения обозначенных проблем был проведен их анализ, предложен инструментарий БП и спрогнозирован потенциальный эффект от их внедрения (Приложение 1). Проведение мероприятий по устранению выявленных проблем с использованием инструментов БП позволит не только повысить качество выпускаемой продукции, но и оптимизировать затраты, сократить время производственных циклов, а также создать более гибкую систему управления производством.

Таким образом, внедрение бережливого производства в АО «Казанькомпрессормаш» представляет собой стратегически важный шаг для повышения

эффективности и конкурентоспособности предприятия. Планируемые показатели могут быть достигнуты благодаря интеграции принципов бережливого производства, включая улучшение качества продукции, сокращение времени выполнения заказов, снижение затрат и повышение удовлетворенности клиентов. Использование таких подходов позволит не только укрепить позиции АО «Казанькомпрессормаш» на рынке, но и способствовать устойчивому развитию предприятия в долгосрочной перспективе.

Планируемые показатели могут быть достигнуты благодаря интеграции принципов бережливого производства, включая улучшение качества продукции, сокращение времени выполнения заказов, снижение затрат и повышение удовлетворенности клиентов. Использование таких подходов позволит не только укрепить позиции АО «Казанькомпрессормаш» на рынке, но и способствовать устойчивому развитию предприятия в долгосрочной перспективе.

Важнейшая проблема большинства российских машиностроительных предприятий – сравнительно низкий уровень использования технико-технологических ресурсов. В вышеуказанной концепции бережливого производства хорошо зарекомендовал себя показатель общей эффективности оборудования OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Показатель представляет собой произведение трёх расчётных показателей использования оборудования, в том числе:

- доступность (отношение операционного времени к времени по плану);
- производительность (потери в скорости производства);
- качество (доля годной продукции в общем объёме выпуска).

OEE – достаточно простой и практичный инструмент для всесторонней оценки эффективности использования оборудования.

Достаточно важной характеристикой данного показателя является связь с объёмом произведённой продукции, что обеспечивает возможность оценки технико-экономических результатов организации производства.

В соответствии с международными стандартами, в частности со стандартом World Class Manufacturing, ОЕЕ для предприятий промышленности должен составлять не менее 85%. Анализ производственных систем российских предприятий позволил автору сделать вывод, что на большинстве российских предприятий показатель ОЕЕ существенно ниже. В российском машиностроительном комплексе в среднем ОЕЕ составляет немногим более 50%.

Очевиден резерв развития российских машиностроительных предприятий. Данный резерв достаточно легко оценить количественно. Таким образом, резерв повышения общей эффективности оборудования для российского машиностроения можно оценить на уровне 30-40% по соответствующему показателю.

В качестве примера предлагается рассмотреть опыт повышения общей эффективности оборудования на российском предприятии машиностроительного комплекса. Рассматривается участок механообработки, включающий универсальное оборудование и ряд станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Руководством предприятия поставлена задача существенно повысить производительность данного участка, так как данный участок представляет собой «узкое место» в производственном цикле изготовления готовой продукции. Непосредственное наблюдение за осуществлением производственного процесса и его картирование показало существенные резервы повышения общей эффективности оборудования. Так, ввиду того, что рабочие сами получают материалы и достаточно много времени теряют на ожидание слесарных операций, универсальные станки длительное время простаивают. Несмотря на то, что станки с ЧПУ, казалось бы, постоянно работают – чрезвычайно длительное время обрабатывают одну деталь. Если станок с ЧПУ обрабатывает одну деталь в течение одного часа, то за смену этот станок произведёт не более восьми деталей. Эта ситуация также поставила перед диссертантом интересную научно-практическую задачу по повышению общей эффективности оборудования с ЧПУ.

Исходные данные для расчета ОЕЕ на вышеуказанном участке представлены в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Данные для расчета ОЕЕ (составлено автором)

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	
		до внедрения	после внедрения
Размер партии	шт.	237	324
Максимальная производительность (Идеальное время цикла)	шт./мин.	1	1
Время обработки партии	мин.	237	324
Потери времени	мин.	196	91
Время обработки партии с учетом потерь	мин.	433	415
Производительность	шт./мин.	0,55	0,78
Длительность смены	час	10	10

Перед предприятием стояла амбициозная задача существенного увеличения объёмов производства. Наблюдение за ходом производственного процесса в течение одной смены позволило измерить время обработки партии, потери времени, время обработки партии с учетом потерь и производительность. Установлено, что внутри производственного процесса имеется существенный резерв сокращения потерь времени.

Картирование и анализ потерь показал, что основные производственные потери связаны с ожиданием и ненужной обработкой. Все остальные производственные потери (перепроизводство, излишняя транспортировка, лишние движения, брак) влияют на производственный цикл и производительность в меньшей степени. Поэтому принято решение разработать комплекс мероприятий, который позволит обеспечить эффективную борьбу с потерями времени ввиду ожидания и ненужной обработки.

Для снижения воздействия потерь, связанных с ожиданием, было предложено использовать дополнительные приспособления, в частности для проведения затратных по времени слесарных операций использовать разметочную машину, время обеда операторов станка сместить на 15 минут, чтобы станки простаивали не полчаса, а 15 минут в течение обеда, а также обучить

инструменту TPM (всеобщий уход за оборудованием), сместив обслуживание по времени так, чтобы простой оборудования стал минимальным в течение смены.

В рамках подготовки производства к увеличению объёма выпуска с 237 до 324 изделий в смену мероприятия по внедрению методов бережливого производства обеспечили возможность сокращения потерь времени, что в свою очередь повлияло на производительность.

После проведения составляющих ОЕЕ диссертантом изучены производственные показатели подразделения и проведено наблюдение за ходом производственных процессов в течение 15 дней.

Вначале осуществлена систематизация показателей в ретроспективе. Кроме того, с учетом внедрения методов бережливого производства осуществлен расчет доступности оборудования (таблица 4.3.2).

Таблица 4.3.2 – Расчет доступности (рассчитано автором)

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	
		до внедрения	после внедрения
Количество рабочих дней	день	15	15
Количество дней с учетом выходных	день	19	19
Теоретическое время работы линии	час	456	456
Доступное время работы	час	300	300
Перерыв на обед	час	1	1
Доступное время работы с учетом ежедневного часового перерыва	час	285	285
Простои за весь период	мин	3597	2467
Размер партии за весь период	шт.	7486	8486
Время производства всей партии продукции за весь период	час	124,77	141,43
Реальное операционное время	час	184,72	201,38
Доступность	%	64,8%	70,7%

Первая составляющая ОЕЕ – доступность оборудования. Данный показатель представляет собой отношение операционного времени к времени производства по плану. Для расчета использовались следующая информация:

– количество рабочих дней;

- доступное время работы;
- простои за весь период;
- размер партии за весь период;
- реальное операционное время.

Расчет производительности также показал, что внедрение методов бережливого производства обеспечили рост производительности с 67,1% до 70,0% (таблица 4.3.3). Заметим, что за 15 дней изготовлено готовых изделий на 1011 единиц больше, чем за предыдущий аналогичный интервал.

Таблица 4.3.3 – Расчет производительности (рассчитано автором)

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	
		до внедрения	после внедрения
Максимальная производительность (Идеальное время цикла)	шт./мин.	1	1
Выработка за весь период	шт.	7442	8453
Производительность	%	67,1%	70,0%

Для того, чтобы определить, как потери напрямую влияют на производственно-технологический процесс, будем использовать показатель общей эффективности оборудования.

ОЕЕ (Общая эффективность оборудования) – это ключевой показатель, который оценивает эффективность использования оборудования. В условиях рыночной экономики и острой конкуренции предприятиям необходимо постоянно совершенствоваться, улучшать качество продукции и повышать производительность. Поскольку ресурсы – временные, финансовые и человеческие – ограничены, особое значение приобретает минимизация потерь, связанных с эксплуатацией оборудования. Благодаря применению ОЕЕ можно своевременно выявить и рассчитать потери, которые возникают по разным причинам (поломки, простои, сложные переналадки), обеспечивать оперативное устранение несоответствий, принимать меры по улучшению производственных показателей.

ОЕЕ на предприятии способствует выявлению и оптимизации процессов, потребляющих ресурсы. Благодаря показателю ОЕЕ у руководства появляется понимание того, насколько продуктивно используется рабочее время и на каких этапах производственный процесс мог бы работать эффективнее. ОЕЕ рассчитывается на основе трех ключевых производственных показателей: доступность, производительность и качество. По результату ОЕЕ можно проанализировать насколько качественно работает оборудование, например, если ОЕЕ <60% - необходимо улучшать, ремонтировать или менять оборудование; 60-70% средний показатель, >70 % высокий показатель эффективности; 100% показатель – идеал, к которому необходимо стремиться. Однако предприятия по-разному могут интерпретировать процентный показатель ОЕЕ. Математическая формула расчета ОЕЕ выглядит следующим образом:

$$\text{ОЕЕ} = \text{Доступность} \times \text{Производительность} \times \text{Качество} \quad (4.3.1)$$

Доступность показывает, какая часть планового времени была использована для производства и рассчитывается как соотношение времени работы оборудования и планового времени. Этот показатель оценивает временные потери, которые могут возникать из-за незапланированных простоев оборудования (поломки, отказ техники, нехватка сырья). В расчете также учитывается время, затраченное на переналадки оборудования, которые также относятся к потерям от внеплановых простоев. Полностью устранить потери, как правило, невозможно, но можно минимизировать. Также повысить доступность оборудования можно, если обнаруживать проблемы на ранних стадиях, например, проводить планово-профилактический ремонт. Доступность рассчитывается как соотношение время работы оборудования и планового времени работы оборудования.

$$\text{Доступность} = \frac{\text{Время работы}}{\text{Плановое время}} \times 100\% \quad (4.3.2)$$

Плановое время работы = Общее время работы оборудования + запланированные простои (напр., перерывы, обслуживание).

Производительность оценивает скорость работы оборудования по сравнению с максимально возможной. Этот критерий позволяет оценить потери, вызванные снижением скорости работы оборудования. Он учитывает любые факторы, препятствующие его работе на максимальной мощности (низкое качество сырья, ошибки операторов, износ). Показатель рассчитывается как отношение фактического объема продукции за определенный период к максимально возможному выпуску при идеальных условиях.

$$\text{Производительность} = \frac{\text{Фактический выпуск}}{\text{Максимально возможный выпуск}} \times 100\% \quad (4.3.3)$$

Критерий качество учитывает потери, которые включают в себя производство товара, не соответствующего стандартам. Качество показывает долю годных изделий как соотношение годных изделий ко всем произведенным изделиям.

$$\text{Качество} = \frac{\text{Годные изделия}}{\text{Всего произведено}} \times 100\% \quad (4.3.4)$$

Переумножение вышеуказанных трех величин даст нам показатель ОЕЕ. По анализу ОЕЕ можно понять, насколько правильно налажен производственно-технологический процесс и что можно улучшить, чтобы повысить эффективность оборудования и увеличить прибыль.

Проанализируем эффективность работы оборудования на всех этапах производства винтовой МКУ «ТАКАТ» АО «Казанькомпрессормаш».

Показатель общей эффективности оборудования (ОЕЕ) для производства корпуса составляет 74%, что соответствует хорошему уровню для машиностроительных предприятий, однако существует потенциал для повышения эффективности за счет сокращения потерь. Потери по времени в среднем равны 3 часа и включают: калибровку измерительного оборудования, замену

режущего инструмента (фрез, сверл), перепрограммирование станков, регулировку технологических параметров и другие технологические особенности производства.

На этапах изготовления ротора для МКУ в среднем показатель ОЕЕ составляет удовлетворительные значения, однако наблюдается значительные различия в эффективности. Наиболее высокие показатели ОЕЕ демонстрируют печь и термокамера, где для работы с данным оборудованием не требуется точная настройка, в связи с чем показатели доступности, производительности и качества на высоком уровне. Низкий показатель ОЕЕ мы можем увидеть у вертикально-фрезерного станка, который связан скорее не с более точной работой с данным оборудованием, как у печи и термокамеры, а с простоем в 50 минут, что сильно понизило показатель доступности и производительности и в итоге общего показателя ОЕЕ.

Показатель общей эффективности оборудования при процессе сборки винтовой модульной компрессорной установки находится на хорошем уровне, который в среднем равен 75,62%, но все еще имеет потенциал для оптимизации.

В ходе детального анализа производственного цикла, который состоит из процессов изготовления корпуса, ротора и финальной сборки МКУ, с помощью картирования мы определили ключевые показатели общей эффективности оборудования для каждого процесса. Выявлено, что простой и переналадка существенно влияют на общую эффективность каждого оборудования. Таким образом, снизив время простоя и переналадки, мы сможем значительно повысить производительность процессов и в итоге увеличить прибыль предприятия.

В рамках SMED разработаем мероприятия по уменьшению времени простоев. На первых этапах необходимо выбрать критическое оборудование, которое необходимо оптимизировать в самую первую очередь: с наибольшими потерями, низким ОЕЕ (<70%) и высокой частотой смены номенклатуры. Та-

ким оборудованием в нашем случае является: разметочная плита, вертикально-фрезерный станок, кругло-шлифовальный станок, сверлильный станок и прецизионный токарный станок. Как правило такое оборудование после оптимизации повысит свой показатель ОЕЕ на 15-20%. Остальное оборудование необходимо оптимизировать по приоритету, от меньшего показателя ОЕЕ до большего. Стоит также учитывать то, что оборудование с высоким показателем ОЕЕ (>80%), как правило, после оптимизации повысит свою эффективность лишь на 5-10%.

На втором этапе необходимо разбить простои на этапы, выявить внутренние операции (требующие остановки) и внешние операции (можно выполнить заранее). На данном этапе необходимо, по возможности, перевести внутренние операции во внешние, которые можно проводить параллельно с работающим станком, не прерывая производственный процесс. К внешним операциям можно отнести все подготовительные и завершающие операции. Также необходимо разработать технические и организационные решения, которые включают в себя: использование деталей для упрощения процесса переналадки, упрощение процесса крепежа, использование вспомогательной оснастки и упрощение этапа настройки оборудования. Стоит учитывать, что внутренние и внешние операции выполняются параллельно, и общее время простоя определяется максимальной продолжительностью из этих групп операций. Для роста ОЕЕ важно минимизировать критичные по простоям операции и перенести максимум работ в подготовительную фазу.

После того, как будут разработаны мероприятия по снижению простоев оборудования, на финальном этапе необходимо провести обучение персонала, разработать инструкции и регулярно проводить контроль результатов ОЕЕ. Регулярный расчет ОЕЕ позволит предприятию выявлять закономерность появления потерь, поломок и т.д. Для удобства и большей эффективности организации необходимо разработать или купить программное обеспечение, благодаря которому операторы смогут в виде различных графиков видеть результаты расчета ОЕЕ, выявлять проблемы, разрабатывать мероприятия по их

устранению и видеть результаты работы по улучшению использования оборудования.

Важнейшей составляющей интегрального показателя ОЕЕ является качество, которое показывает долю дефектной продукции. За счет вышеуказанных методов бережливого производства в течение рассматриваемого периода обеспечено сокращение количества дефектной продукции с 44 до 33 изделий (таблица 4.3.4).

Таблица 4.3.4 – Расчет качества (рассчитано автором)

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	
		до внедрения	после внедрения
Размер партии за весь период	шт.	7486	8486
Объем дефектной продукции	шт.	44	33
Объем годной продукции	шт.	7442	8453
Качество	%	99,4%	99,6%

Расчет ОЕЕ до и после внедрения методов бережливого производства представлен в таблице 4.3.5. Данные методы позволили поднять ОЕЕ 43,3% до 49,2%. Наряду с предложенными методами, возможно применение широкого инструментария бережливого производства, что безусловно может обеспечить соответствующий рост ОЕЕ. Однако, в данном исследовании расчёты предусматривали комплекс примененных методов. Данные методы предполагается масштабировать и внедрять в других производственных подразделениях предприятия.

Таблица 4.3.5 – Расчет ОЕЕ (рассчитано автором)

Наименование показателя	Значение	
	до внедрения	после внедрения
Доступность	64,8%	70,7%
Производительность	67,1%	70,0%
Качество	99,4%	99,6%
ОЕЕ	43,3%	49,2%

В начале данного параграфа автором обозначено, что существуют международные стандарты организации производства, в соответствии с которыми ОЕЕ должен быть на уровне не ниже 85% (таблица 4.3.6).

Таблица 4.3.6 – Сравнение ОЕЕ предприятия после внедрения методов бережливого производства с международными стандартами (рассчитано автором)

Составляющие	Предприятие	World Class Manufacturing
Доступность	70,7%	90,0%
Производительность	70,0%	95,0%
Качество	99,6%	99,0%
ОЕЕ	49,2%	85,0%

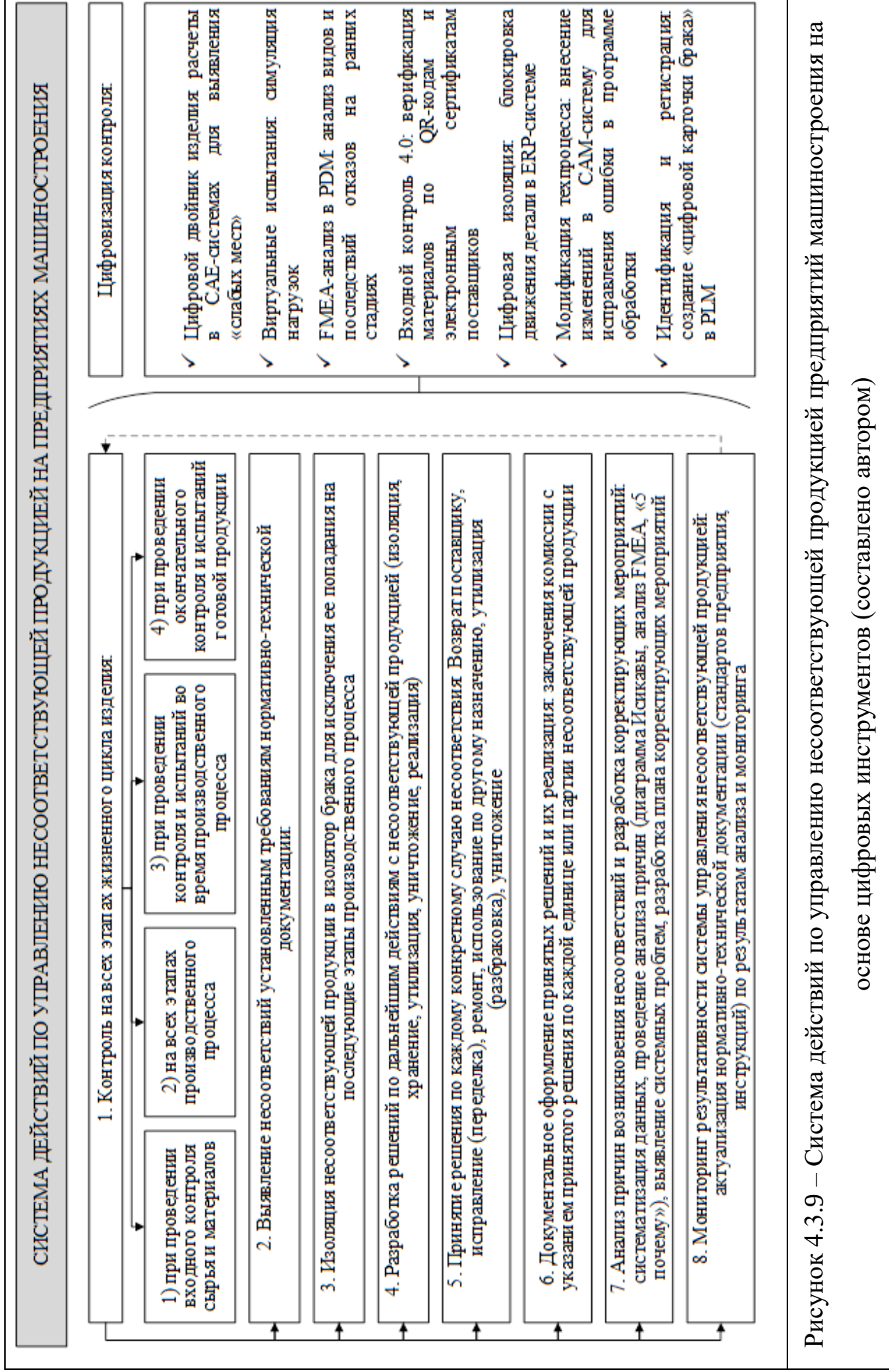
Таким образом, применение методов бережливого производства в реальном секторе экономики имеет важное значение для обеспечения технологической локализации производства российских предприятий машиностроительной отрасли. В рамках конкретной производственной ситуации установлено влияние методов бережливого производства на ОЕЕ. Проведена оценка составляющих ОЕЕ до и после внедрения методов бережливого производства, в том числе: доступность, производительность и качество. Количественно оценено изменение ОЕЕ в результате использования бережливых технологий производства. Показан потенциал развития производственной системы по показателю ОЕЕ, оцениваемый на уровне 35%.

Следующим направлением организации работы элементов СМК на предприятии машиностроения для бесперебойной работы производства и стабильной поставки изделий является управление несоответствующей продукцией.

При рассмотрении вопросов, связанных с качеством продукции, необходимо учитывать, что улучшения качества можно достичь только за счет грамотно выстроенной системы управления процессами и одновременной работы по внедрению элементов совершенствования и устранению негативных факторов. В основном это улучшения, которые достигаются путем незначительных изменений в технологии производства, хранении, транспортировании продукции. Новое же качественное состояние возможно только при использовании кардинальных мер воздействия, поисками и совершенствованием которых постоянно занимается наука [112,34].

Для обеспечения высокого качества продукции вся деятельность на предприятии должна быть стандартизирована, однако в силу различных обстоятельств случаются отступления от требуемых норм, что приводит к различного рода негативным последствиям. Система качества учитывает возникновение подобных отступлений, но при этом требует полного контроля над ними, для этого на предприятиях разрабатывается и внедряется процедура управления несоответствующей продукцией (рисунок 4.3.9).

Система действий по управлению несоответствующей продукцией предприятий машиностроения включает семь последовательных этапов, направленных на выявление брака и дефектов изделий, изоляцию некачественной продукции и разработку решений по управлению несоответствующей продукцией. На первом этапе осуществляется идентификация несоответствий в ходе входного, операционного и приемочного контроля с фиксацией в учетных системах и классификацией дефектов по степени критичности.



Выявленная несоответствующая продукция незамедлительно маркируется отличительными знаками и перемещается в специально организованный изолятор брака, доступ к которому имеют только уполномоченные лица, что гарантирует невозможность ее случайного использования на последующих технологических операциях.

Ключевым элементом системы является коллегиальная выработка решений по дальнейшей судьбе несоответствующей продукции с участием представителей ОТК, производственного отдела и служб главного технолога и конструктора.

Комиссия рассматривает каждый случай и принимает одно из следующих решений: возврат поставщику (для несоответствующего сырья и комплектующих), исправление (переделка) дефектной продукции до соответствия требованиям НТД, ремонт с изменением категории или сорта, использование по другому назначению в менее ответственных узлах, утилизация с разборкой на пригодные компоненты либо полное уничтожение.

В рамках разрабатываемой модели интегрированной системы менеджмента рекомендуется, чтобы принятое комиссией решение документально оформлялось заключением, утверждалось руководством и передавалось в производственные подразделения для исполнения. При этом обязательной является отметка в учётной системе о завершении работ и списании продукции.

Завершающий блок предлагаемой системы должен быть ориентирован на предотвращение повторения выявленных несоответствий в будущем. Рекомендуется проводить систематизацию данных по видам дефектов, цехам-изготовителям и технологическим операциям, а также анализ причин их возникновения с использованием инструментов качества – диаграммы Исикавы, FMEA-анализа и метода «5 почему». Выявленные системные проблемы предлагается использовать как основу для разработки плана корректирующих мероприятий с назначением ответственных лиц и контролем сроков исполнения. Результаты мониторинга эффективности системы (динамика уровня брака, доля затрат на

брак в себестоимости) должны служить основанием для актуализации нормативно-технической документации предприятия, включая стандарты и технологические инструкции, что обеспечит непрерывное совершенствование процессов управления качеством.

Стандартизация процедуры управления несоответствующей продукцией предлагается оформлять в виде стандарта организации «Управление несоответствующей продукцией» в соответствии с требованиями международных стандартов ISO серии 9000, Федерального закона о техническом регулировании и государственных стандартов по качеству. Требования стандарта должны распространяться на все подразделения предприятия, деятельность которых связана с выявлением брака, определением количества некачественной продукции, причинно-следственным анализом дефектов, а также на технические службы, ответственные за предупреждение брака.

Управление технологическим процессом может включать внесение изменений во входные параметры процесса для исправления ошибок качества – неточностей, проблем с целостностью поверхности из-за термических повреждений, чрезмерной шероховатости и превышающей нормы вибрации. При повторном серийном производстве изделия рекомендуется вносить изменения в управление технологическим процессом между производственными партиями. При обработке деталей большего размера или при более длительных производственных циклах может потребоваться внесение корректировок непосредственно в течение цикла обработки детали.

В перспективной модели цифровизация контроля качества на машиностроительном предприятии должна выстраиваться как сквозной процесс, начинающийся задолго до запуска детали в производство. На этапе проектирования предлагается создавать цифровой двойник изделия: в САЕ-системах должны выполняться прочностные расчёты, тепловые и динамические анализы, позволяющие выявить «слабые места» конструкции ещё до изготовления первого образца. Далее рекомендуется проводить виртуальные испытания

– симуляцию эксплуатационных нагрузок, которая частично заменит натурные эксперименты и даст возможность оперативно корректировать геометрию или материалы.

Параллельно в PDM-среде предлагается вести FMEA-анализ (анализ видов и последствий отказов): конструкторы и технологи совместно должны оценивать потенциальные риски на ранних стадиях, закладывая в базу знаний меры предупреждения дефектов.

При поступлении материалов и комплектующих рекомендуется внедрить «входной контроль 4.0»: каждая партия должна идентифицироваться по QR-коду, привязанному к электронному сертификату поставщика в ERP-системе. Автоматическая сверка характеристик позволит исключить приёмку несоответствующих позиций. Если в процессе механообработки или сборки возникает отклонение, система должна мгновенно реагировать: фиксировать «цифровую карточку брака» в PLM с привязкой к конкретной партии, оборудованию и оператору. Одновременно должна происходить цифровая изоляция – ERP-системе надлежит блокировать любые дальнейшие перемещения и операции с этой деталью, не допуская её попадания на последующие переделы или отгрузку. Для исправления ситуации технологи должны вносить изменения в САМ-систему – корректировать программу обработки, режимы резания или маршрут, после чего обновлённые данные автоматически передаваться на станки с ЧПУ.

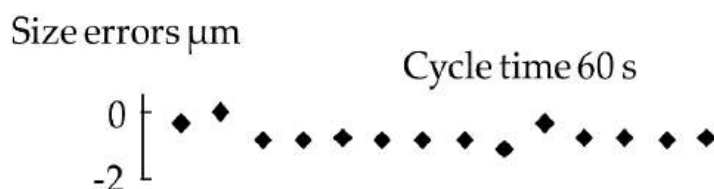
Все этапы предлагается связать единой цифровой средой, что обеспечит прозрачность, прослеживаемость и непрерывное повышение качества продукции.

Таким образом, алгоритм действий направлен на минимизацию или полное устранение высокого или критического уровня риска несоответствующей продукции. Система управления рисками не формальна, а процесс управления задокументирован и понятен персоналу. К сожалению, границы технологического процесса со временем сдвигаются в зависимости от различных факторов, таких как износ деталей оборудования, твердость обрабатываемой детали,

кинематика правки и износ правочного инструмента. Альтернативой является использование технологических датчиков и технологических моделей для мониторинга технологических изменений и прогнозирования необходимых изменений, чтобы вернуть технологический процесс в безопасную рабочую зону.

Важным достижением в области управления качеством производственного процесса является внедрение прецизионного измерения диаметра изделия, связанного с числовым программным управлением. К примеру, процедура шлифовки коленчатого вала при производстве блока ДВС автомобилей КАМАЗ должна проводиться на соответствующем металлорежущем оборудовании и с использованием современного инструмента (ГОСТ Р 58139 -2018 «Требования к организациям автомобильной промышленности»). Цель шлифования коленвала ДВС – получить максимально гладкую поверхность изделия и при этом не снять лишнего материала. Типичные результаты для системы с постоянной скоростью подачи детали на шлифование показаны на рисунке 4.3.10 (а).

а) результаты для системы с постоянной скоростью подачи детали на шлифование, мкм (μm)



б) результаты для адаптивной системы управления с целевой скоростью подачи изделия для контроля периода выдержки зажигания для каждой детали, мкм (μm)

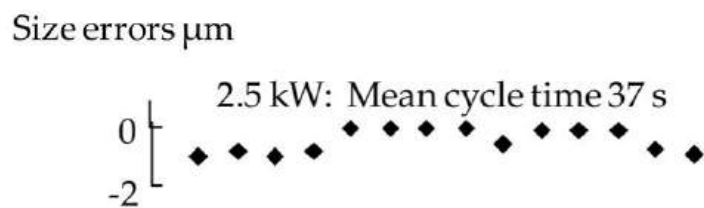


Рисунок 4.3.10 – Подходы к адаптивному управлению качеством изделий в ПАО «КАМАЗ»: типовые результаты прецизионного шлифования коленчатого вала с измерением диаметра (составлено автором по данным [182])

Используя время цикла 60 секунд, можно было поддерживать размер последовательных деталей в пределах около 1 мкм. Однако благодаря адаптивной системе управления качеством изделия стало возможным прогнозировать новое целевое положение подачи и изменять период выдержки зажигания для каждой детали. Таким образом, достигнут аналогичный диапазон размеров, но среднее время цикла сократилось с 60 секунд до 37 секунд (рисунок 4.3.10 (б)). Следовательно, благодаря адаптивному управлению оборудованием продолжительность процедуры была значительно снижена без ущерба для точности. Следует отметить, что при использовании адаптивного управления качеством изделий необходимо использовать датчики, которые могут определять, поддерживается ли система в пределах допустимого рабочего диапазона, при одновременном увеличении управляющей переменной до предела процесса. Например, в дополнение к стандартным датчикам положения, используемым для ЧПУ, возможно применение датчика мощности, который является относительно недорогим и легко встраивается в систему, не требуя динамометрического приспособления.

Современные системы адаптивного управления качеством содержат интеллектуальное программное обеспечение для различных функций, таких как управление положением, скоростью и ускорением. Искусственный интеллект обычно подразумевает принятие решений, которые в некоторой степени основаны на выводах датчиков. Это означает, что принятие решений для станков и оборудования автоматизировано и не требует участия человека. Человек может принимать ошибочные решения, в то время как машина с искусственным интеллектом будет непрерывно выполнять повторяющиеся задачи без вмешательства человека, внося корректировки там, где это необходимо.

Искусственный интеллект также может использоваться для помощи в управлении процессом шлифования путем реагирования на датчики в шлифовальном станке и измерительное оборудование. Искусственный интеллект анализирует и преобразует данные измерений для принятия решений, таких как увеличение или уменьшение скорости подачи во избежание термического

повреждения, или инициирование изменения момента в цикле подачи, или для подачи сигнала с требованием вмешательства оператора.

Обобщая вышеизложенное, структурируем элементы ИСМ и методы и средства организации работы интегрированной системы менеджмента для предприятий машиностроения в единую модель (рисунок 4.3.11).

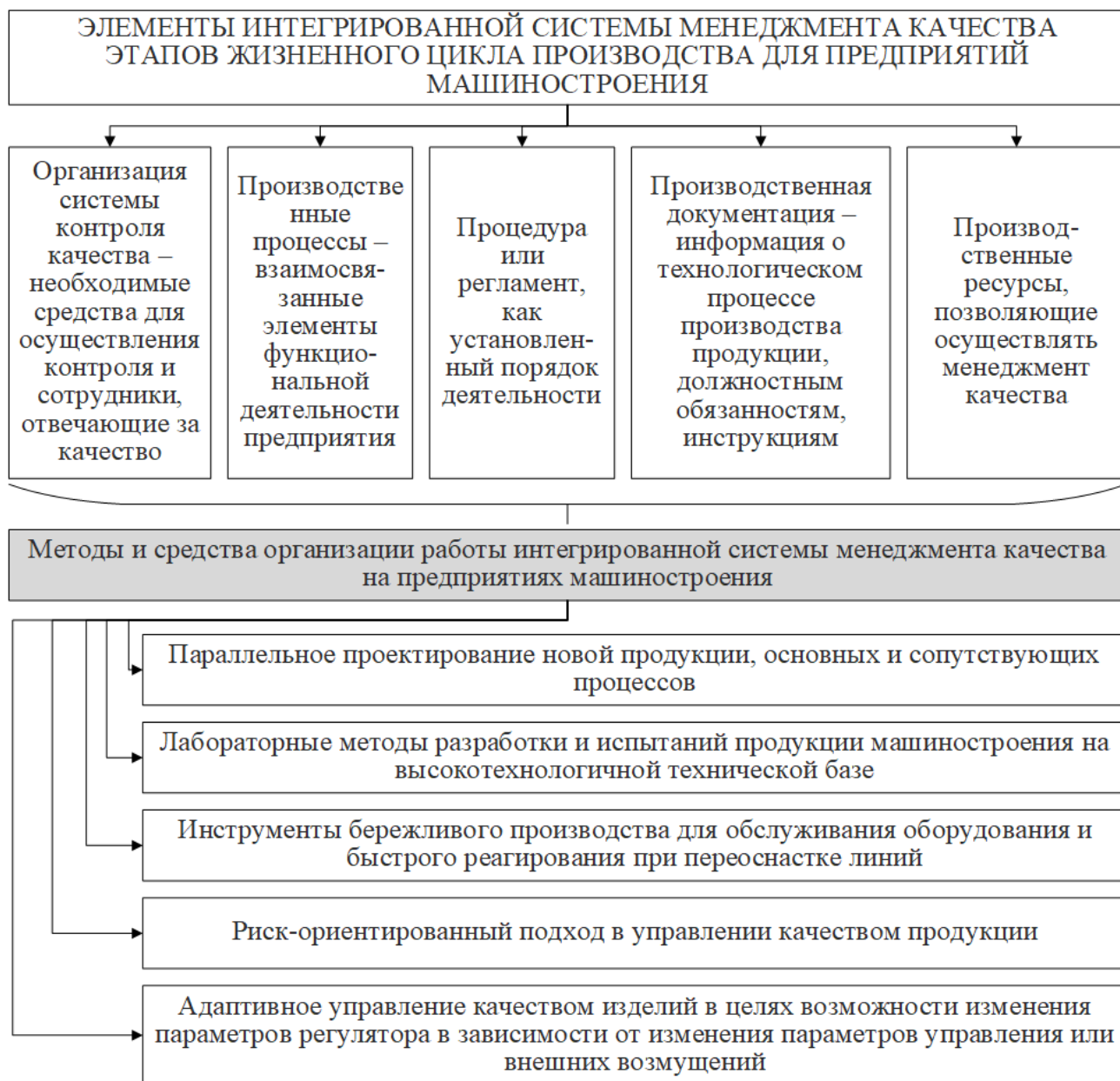


Рисунок 4.3.11 – Структурная модель элементов ИСМ для предприятий машиностроения (предложена автором)

Так, в качестве инструментов организации работы интегрированной системы менеджмента на предприятиях машиностроения предлагается использовать:

- параллельное проектирование новой продукции, основных и сопутствующих процессов;
- лабораторные методы разработки и испытаний продукции машиностроения на высокотехнологичной технической базе;
- инструменты бережливого производства для обслуживания оборудования и быстрого реагирования при переоснастке линий;
- риск-ориентированный подход в управлении качеством продукции;
- адаптивное управление качеством изделий в целях возможности изменения параметров регулятора в зависимости от изменения параметров управления или внешних возмущений.

Кроме того, нельзя не учитывать важность использования компьютерной техники для сбора, обработки, преобразования и анализа параметров производства и выпускаемых изделий. Данные можно собирать и анализировать для контроля и планирования производства в более широком смысле, используя Интернет вещей, например, выбор подходящих инструментов или условий для начальной настройки производственного процесса.

В рамках совершенствования управления цепями поставок машиностроительных предприятий возникает методологическая необходимость в синтезе системного подхода, обеспечивающего целостное представление об объекте управления, и практико-ориентированной философии, направленной на создание ценности для потребителя. Таким синтезом является объединение структурного моделирования элементов интегрированной системы менеджмента и принципов бережливого производства.

Структурное моделирование выполняет функцию формализации и визуализации сложной многокомпонентной системы взаимосвязанных процессов, протекающих в цепях поставок. Оно позволяет декомпозировать ИСМ на вза-

имодействующие элементы (подсистемы качества, экологического менеджмента, охраны труда и промышленной безопасности, энергоменеджмента и др.), установить между ними причинно-следственные и функциональные связи, а также идентифицировать критические точки и «узкие места». Результатом такого моделирования становится целостный каркас – формализованное описание системы, определяющее, что должно управляться и как элементы связаны между собой для достижения стратегических целей предприятия.

Однако, сам по себе, структурный каркас не содержит инструментария для практической оптимизации выявленных процессов. Эту функцию реализует философия бережливого производства, которая выступает в роли исполнительного механизма. Методологический арсенал Lean (такой как картирование потока создания ценности – VSM, система «Канбан», «Выравнивание производства» – Хейдзунка, стандартизированная работа) предоставляет практические средства для устранения всех видов потерь (муда) в материальных, информационных и финансовых потоках, формализованных в структурной модели. Если структурное моделирование отвечает на вопрос «Где и в чем заключаются неэффективности?», то бережливое производство дает ответ на вопрос «Как практически эти неэффективности устранить?».

Таким образом, связь между двумя подходами носит характер диалектического единства теории и практики. Структурная модель ИСМ служит дорожной картой для внедрения принципов бережливого производства, задавая системные приоритеты для улучшений. В свою очередь, бережливое производство является двигателем постоянного совершенствования, наполняющим статичную структурную модель динамикой непрерывных улучшений (Kaizen). Такой симбиоз позволяет перейти от фрагментарных локальных оптимизаций к целенаправленному и системному преобразованию всей цепи поставок машиностроительного предприятия, обеспечивая синергетический эффект в повышении ее гибкости, надежности и экономической эффективности.

4.4 Математическая и процессная модель интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства в машиностроительной промышленности

В условиях становления технологического суверенитета в российской промышленности в целом, и в отрасли машиностроения в частности, особого внимания требует соответствующее развитие образовательной и научной деятельности, ускоренное внедрение научных результатов для производства критически важной продукции. Производственно-технологические вызовы должны обеспечиваться реализацией научно-исследовательских работ, реализацией проектов по производству импортозамещающей продукции, запуском программ реверсивного инжиниринга и развитием инженерной инфраструктуры.

Проблемно-ориентированный подход к обучению инженеров по созданию механических конструкций, машин, оборудования и других технических систем является ключевым принципом образования для ускорения процесса импортозамещения. Сетевое взаимодействие «вуз – предприятие машиностроения» должно заключаться в выполнении реальных проектов через решение технических задач по заказам предприятий [28,113].

Необходимость стремительного развития интеллектуального машиностроительного производства также прогнозирует острый спрос на следующее поколение специалистов в области информационных технологий. Назревает новая волна промышленных и технологических революций в обрабатывающей промышленности, что требует адекватного обеспечения работниками инженерных и рабочих специальностей [36]. Высококвалифицированные кадры становятся ключевым элементом обеспечения технологического суверенитета, что предопределяет ужесточение требований к их профессионально-квалификационному профилю, а также обуславливает необходимость ускоренного развития прикладных навыков и формирования системных междисциплинарных компетенций производственного персонала.

В сфере обучения инженеров – конструкторов – технологов в российских университетах просматривается три недостатка, касающихся обеспечения технологической локализации производства в области машиностроения [170,305].

1. Недостаточные компетенции инженеров – машиностроителей в области информационных технологий нового поколения. В большинстве вузов отсутствует четкость в программе основного обучения и повышения квалификации для аспирантов в области машиностроения в эпоху новых информационных технологий, а условия обучения в университетах ограничены традиционной системой знаний.

2. Недостаточно цифровых образовательных ресурсов, касающихся практики информационных технологий нового поколения. Текущая тенденция решения сложных производственных задач предполагает использование информационных технологий нового поколения и развитие практических способностей механических специальностей. Однако большинство университетов не предоставляют всесторонних знаний по механическим дисциплинам, а реальных примеров немного, что приводит к трудностям студентов в понимании передовых технологий отрасли. В то же время создание высокотехнологичных лабораторий для проведения новых исследований, связанных с интеллектуальным производством, является не всегда адекватным потребностям современного машиностроения.

3. Модель сетевого взаимодействия «вуз – предприятие машиностроения» в части производств высокого технико-конструкторского класса еще не сформирована. Традиционные цели производственного обучения часто отдают приоритет специализированным техническим навыкам, которые, хотя и важны, могут не охватывать более широкие наборы компетенций, необходимые для интеллектуальной трансформации производства в рамках обеспечения технологической локализации производства.

Являясь важной областью базовой инженерии, традиционное машиностроение предоставляет различные продукты и услуги для развития обрабатывающих производств в целом. Благодаря традиционным методам обучающиеся осваивают базовые теории механики и знают современные технологии. Однако выпускники машиностроения со знаниями ограниченной базовой теории механики не могут удовлетворить потребности предприятий машиностроения в части создания новых машин и оборудования. Следовательно, возникает определенный спрос на новую программу обучения, специально разработанную для интеллектуальных машиностроительных производств.

Становится очевидным, что подход к решению инженерных задач машиностроения, адекватный для требований обеспечения технологической локализации производства, должен быть междисциплинарным (рис. 4.4.1). К примеру, для развития отечественного автомобилестроения, металлургии, авиационной и ракетно-космической промышленности необходимы знания в области математики, информатики, механики, физики, материаловедения.

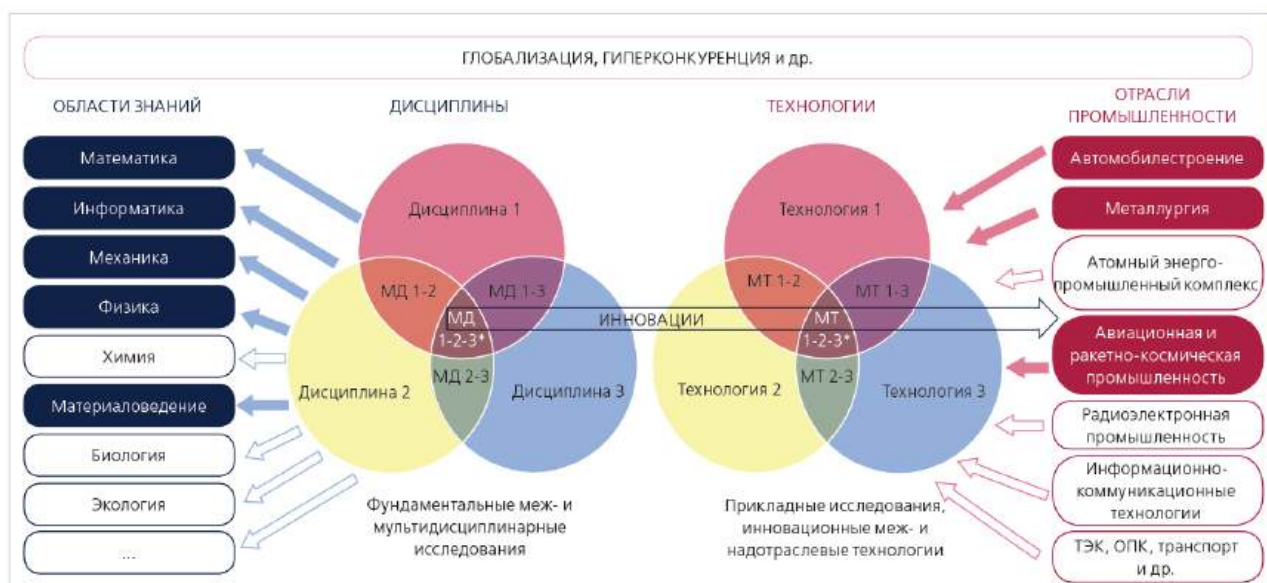


Рис. 4.4.1 – Междисциплинарный подход к решению инженерных задач машиностроения, адекватный для требований сетевого обеспечения технологической локализации производства [31]

Расширение разнообразия профессиональных инженерных услуг в отрасли машиностроения требует от выпускников инженерных специальностей умения работать со сложными и междисциплинарными знаниями. Высококвалифицированные преподаватели могут использовать современные технологии для обучения студентов-инженеров инновационным и совместным методам анализа, основанным на пробах и ошибках, с использованием реальных систем для изучения соответствующих инженерных дисциплин.

Цифровые двойники с помощью инструментов Индустрии 4.0 и более поздних версий потенциально могут предложить платформу, на которой студенты-инженеры могут тренироваться с виртуальной моделью, представляющей реальную физическую модель отрасли машиностроения. Студенты могут применять инженерные знания для понимания жизненного цикла продукта, т.е. результатов эксплуатации изделия, оптимизации производительности, требований к разработке и качеству продукта. Образовательные системы должны получить целенаправленную трансформацию, чтобы использовать знания и навыки для минимизации разрыва между периодами технологического уклада [288].

На рисунке 4.4.2 представлен процесс обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной отрасли в сети «университет – предприятия машиностроения». Процесс включает шесть основных этапов, на каждом из которых предприятие взаимодействует с высшим учебным заведением для целей создания импортозамещающих изделий машиностроения.

На входе в процесс поступает информация о существующей промышленной проблеме или вызове, связанном с необходимостью оперативной разработки и производстве машиностроительной продукции, которая возможно является критической для функционирования прочих отраслей промышленности и услуг. Начальный модуль А1 направлен на разработку плана развития производства критических технологий и импортозамещающих изделий.

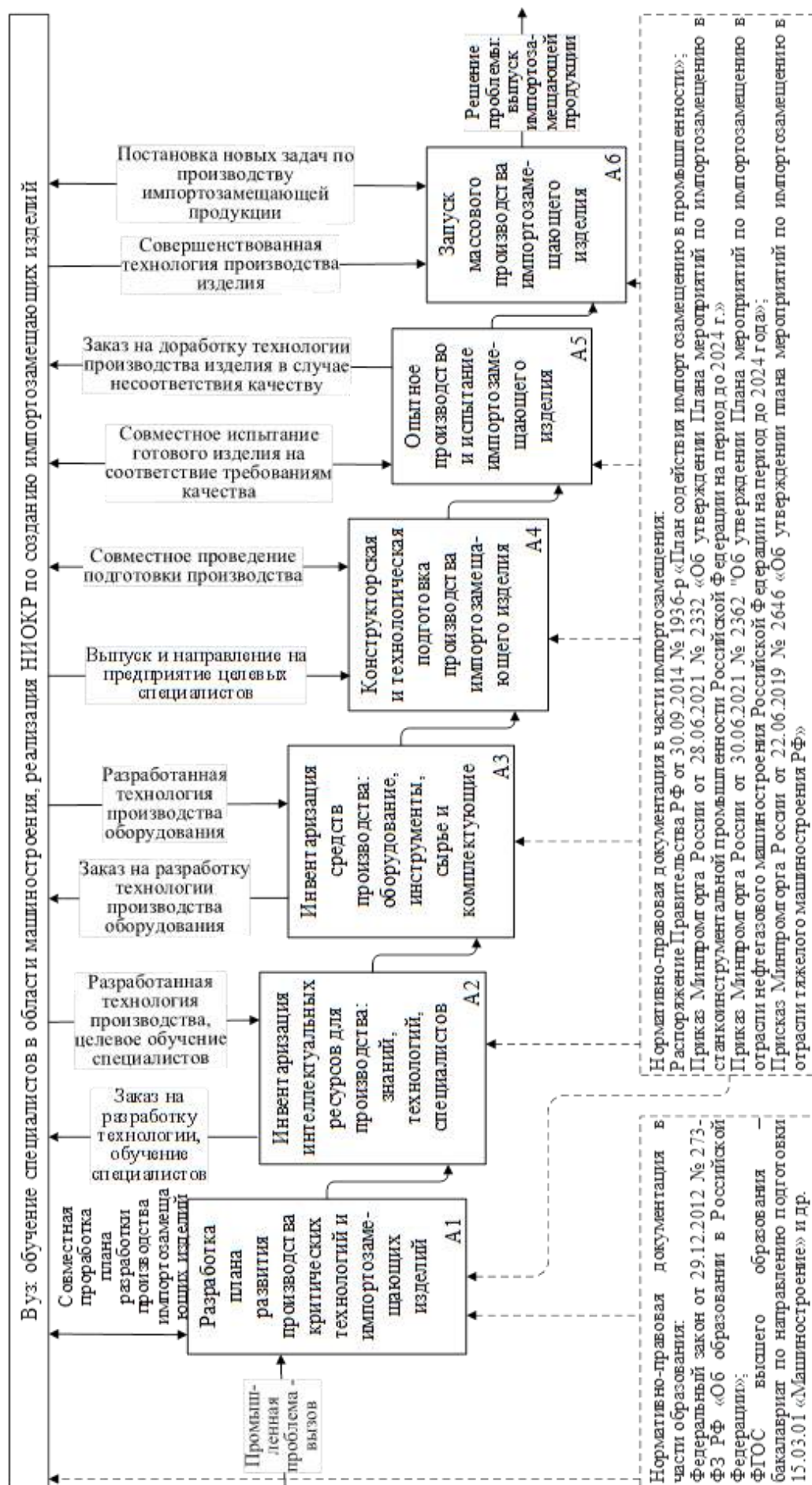


Рисунок 4.4.2 – Процессная модель обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной отрасли в сети «университет – предприятия машиностроения» (разработана автором)

На этом этапе ведется совместная работа с образовательным учреждением в части проработки плана в рамках возможностей и компетенций участвующих организаций.

Модуль А2 предполагает проведение инвентаризации имеющихся на производстве интеллектуальных ресурсов для разработки и производства критических изделий: знаний, наработанных технологий и соответствующих специалистов всех уровней.

При отсутствии или недостаточной разработанности технологий предприятие обращается в вуз с целью заключения соглашения и подачи технического задания на разработку импортозамещающего изделия. Соответственно, с определенным временным лагом вуз дает обратную связь и обеспечивает производство необходимыми технологическими и конструкторскими разработками. Предполагается, что сетевой процесс взаимодействия предприятия с вузом имеет долгосрочный непрерывный характер, выполнение НИОКР может иметь определенную очередность и последовательно-параллельно направляться предприятию для дальнейшей работы.

Модуль А3 направлен на инвентаризацию средств производства согласно разработанной технологии. Осуществляется подбор требуемого оборудования, машин, инструментов, а также проводится исследование рынка сырья и комплектующих изделий. Допустимо, что в техническом задании на разработку технологии изготовления изделия, предприятием обозначены имеющиеся средства производства (в случае производства импортозамещающего изделия из однотипного ряда), что частично исключает модуль А3 из процессной цепи. При полном отсутствии средств производства или оборудования для производства импортозамещающего изделия, запрос отправляется на разработку в вузы или конструкторские бюро, что должно осуществляться под контролем регулирующих органов. Важным элементом модуля А3 является сотрудничество университета с предприятием в части целевой подготовки специалистов с нужными для производства компетенциями.

При наличии технологии производства продукции, соответствующего оборудования и компетентных специалистов всех уровней предприятие запускает процесс конструкторской и технологической подготовки производства импортозамещающего изделия (модуль А4). На этом этапе совместно с вузом разрабатывается необходимая производственная документация на основе национальных стандартов и регламентов, правовой документации, локальных требований по конкретному производству.

Модуль А5 процессной цепи направлен на организацию опытного производства и испытание импортозамещающего изделия, проверку его на соответствие требованиям качества согласно стандартам. В случае выявления технологических проблем производства изделия, его несоответствия качеству, может возникнуть потребность доработки технического задания и/или самой технологии. В этом случае предприятие либо проводит работы на своей территории в присутствии вуза-разработчика, либо направляет запрос (техническое задание) на доработку согласно условиям соглашения.

При устранении всех неполадок и утверждении технологии производства изделия осуществляется запуск массового производства, где в ходе производственного процесса, в связи с изменением внешних факторов, могут возникнуть планы по совершенствованию продукта и дальнейшие совместные мероприятия с вузом.

На выходе из процесса обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной отрасли в сети «университет – предприятия машиностроения» получаем готовое импортозамещающее изделие для функционирования экономики страны. Все действия в процессной цепи производятся на основе нормативно-правовой документации в части импортозамещения, норм и правил образования, а также документации в части организации производства и управления качеством продукции.

В интересах исполнения закона «Об образовании» № 273-ФЗ в части сетевой формы реализации образовательных программ посредством формирова-

ния партнерств между образовательными, производственными, научными организациями, обладающими уникальными для образовательного процесса ресурсами, важным вопросом остается разработка практических способов достижения синергетического эффекта и роста качества подготовки студента от сетевых взаимодействий. Одной из таких форм является сетевая форма реализации образовательных программ, которая предполагает интеграцию нескольких организаций на договорной основе, каждая из которых представляет для реализации образовательной программы особые ресурсы, отсутствующие у другой организации [97,131].

Вопросы порядка внедрения, реализации, нормативного обеспечения, преимуществ и ограничений сетевых программ активно освещаются в публикациях, при этом возможности обеспечения лучшего качества подготовки студентов исследованы недостаточно [109]. Для обеспечения качества подготовки студентов в вузах-партнерах технико-технологической направленности привлекаемые ресурсы могут быть как материальные, например, лучшая лабораторная и приборная база, так и интеллектуальные – знания передовых разработок в области читаемых дисциплин, особые методики преподавания, новые методы и технологии обучения, отсутствующие у партнера.

Для самостоятельной оценки качества организации обучения и его результатов в вузах предусматривается график проведения внутреннего аудита с системой диагностических и оценочных процедур. Очевидно, что при сетевой программе необходима система аудитов, затрагивающая всех участников сетевых взаимодействий.

Представляется, что аудит будет способствовать самопроверке каждого участника и их интеграционного партнерства; упорядочиванию межпартнерского документирования процессов и результатов; обмену опытом по горизонтальным связям и переносу лучшего опыта от одних партнеров другим. При таком подходе результаты аудита будут выступать не столько отражением текущего состояния качества подготовки, сколько служить источником для

управленческих действий в интересах постоянного улучшения качества. Совершенствование процессов и результатов в рамках сетевых программ возможно при организации самооценки участников в виде периодических аудитов, служащих источником улучшения качества подготовки студентов [109].

Инженеры-механики играют важную роль во внедрении технологических инноваций, которые могут решить существующие проблемы и способствовать развитию технологического суверенитета. Концентрация внимания на технических компонентах инженерных знаний и применение технических знаний для достижения целей является важной задачей. При подготовке специалистов в области машиностроения важно учитывать приверженность высших учебных заведений образованию в интересах устойчивого развития [167].

Результативность взаимодействия в сети «университет – предприятия машиностроения» в целях обеспечения технологической локализации производства можно определить, как эффективность инновационной деятельности, поскольку производство импортозамещающих изделий в большинстве является новой продукцией. Полагаем, что факторами, оказывающими влияние на результативность сетевого взаимодействия «вуз – предприятия машиностроения» могут быть:

- интеллектуальный фактор – вновь разработанные передовые технологии;
- финансовый фактор – инвестиции в разработку новых продуктов;
- кадровый фактор – число исследователей, разработчиков нового продукта.

Зависимость между предикторами (факторами инноваций) и результирующей переменной определим путем корреляционно-регрессионного анализа. Исходной базой данных служит информация о деятельности российских предприятий по производству машин и оборудования за период 2010–2022 годы (таблица 4.4.1).

Соответственно, параметрами регрессионной модели будут следующие переменные:

Y – результативность инновационных разработок предприятий (доля инновационных товаров в общем объеме производства, %);

X_1 – интеллектуальные ресурсы для обеспечения технологической локализации производства (число новых для России передовых производственных технологий, единиц);

X_2 – финансовые вложения предприятий для обеспечения технологической локализации производства (индекс инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства, осуществляемых при модернизации производства, %);

X_3 – кадровый потенциал предприятий для обеспечения технологической локализации производства (доля исследователей и техников в общем числе персонала, занятого научными исследованиями и разработками, %).

Таблица 4.4.1 – Исходные данные для корреляционно-регрессионного анализа инновационных разработок в целях обеспечения технологической локализации производства в сети «университет – предприятия машиностроения», выборочные периоды (составлено автором по [113])

Показатели по производствам машин и оборудования	2010	2015	2020	2021	2022
Доля инновационных товаров в общем объеме производства, %	6,5	5,2	10,2	13,0	11,0
Число новых для России передовых производственных технологий, единиц	31	33	40	50	60
Индекс инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства, осуществляемых при модернизации производства, в сопоставимых ценах, в %	72,4	56,2	73,2	155,7	93,0
Доля исследователей и техников в общем числе персонала, занятого научными исследованиями и разработками, %	58,1	59,8	59,7	60,4	60,0

Задачей множественной линейной регрессии является разработка модели с множеством факторов и определение влияния каждого из них на моделируемый показатель. Так, регрессионная модель результативности инновационных разработок предприятий имеет вид:

$$Y = -134,41 - 0,011X_1 + 0,013X_2 + 2,382X_3 \quad (4.4.1)$$

Достаточно высокое качество модели определяет коэффициент детерминации $R^2 > 0,75$, Р-значение $< 0,05$ и значимость $F < 0,05$. Некоторая погрешность обусловлена влиянием случайных факторов, а также стандартной ошибкой измерения: модель содержит значительно большой «шумовой» коэффициент, равный -134,41.

Диаграммы рассеяния между переменными визуализируют зависимость регрессионной модели (рис. 4.4.3). Наибольшее влияние на результативность инновационных разработок предприятий по производству машин и оборудования оказывает кадровый потенциал для обеспечения технологической локализации производства (k регрессии $X_3 = 2,382$).

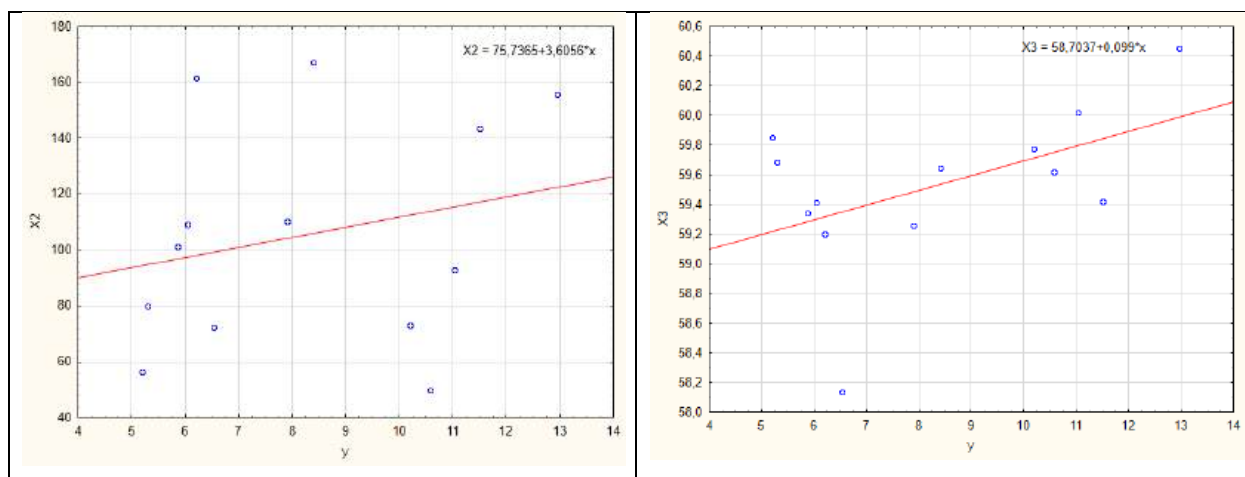


Рис. 4.4.3 – Диаграммы рассеяния, отражающие зависимость между зависимой переменной Y и независимыми предикторами X_2 , X_3
(составлено автором)

Значительно меньшая прямая взаимосвязь наблюдается по инвестициям в модернизацию производства (k регрессии $X_2 = 0,013$). В случае интеллектуальных ресурсов наблюдается отрицательная зависимость или такое явление, когда при увеличении числа разработанных передовых технологий (новых для России) незначительно снижается доля инновационной продукции. Возможно, данная ситуация обусловлена наличием временного

лага в цепи «разработка технологий – производство продукции» и требует дополнительных исследований.

Как уже было сказано ранее, организация и контроль производственной цепи создания импортозамещающего продукта возможна при помощи цифровых двойников, позволяющих на основании математических инструментов моделировать информативные зависимости для проектирования решений. Известными принципами проектирования решений в части разработки технологий и производства продукции являются функциональная совместимость, информационная прозрачность, децентрализация, возможность работы в режиме реального времени, ориентация на техническую помощь, сервис и модульность. Более того, цифровая проектно-производственная система стремится к дальнейшим инновациям, внедряя автоматизацию, анализ на основе данных и средства принятия решений для увеличения производительности отрасли.

Таким образом, для развития необходимых компетенций в области разработки и производства импортозамещающей продукции от специалистов требуются знания в различных областях науки и техники, а также навыки междисциплинарного моделирования, например интеграция электромеханических и гидравлических систем для прецизионной обработки. Практико-ориентированное обучение инженеров с использованием цифровых двойников в машиностроении очень важно при проектировании и совершенствовании автоматизированных производственных линий, управлении жизненным циклом продукта путем предиктивной аналитики, удаленной диагностики и удаленных операций.

В данном параграфе систематизированы проблемы в части обеспечения технологической локализации производства в области машиностроения с акцентом на отсутствие организационной структуры для достижения цели. На основе междисциплинарного подхода к решению инженерных задач разработана процессная модель сетевого взаимодействия «вуз – предприятие машиностроения» в части производств высокого технико-конструкторского

класса. Для оценки результативности сетевого взаимодействия «вуз – предприятия машиностроения» построена регрессионная модель с участием интеллектуального, финансового и кадрового факторов технологического прогресса. Определено наибольшее влияние кадрового потенциала на результативность инновационных разработок предприятий по производству машин и оборудования.

4.5 Выводы по главе

1. Предложена методика оценки уровня технологического развития промышленности в условиях обеспечения технологической локализации производства, которая позволяет, во-первых, определять индикативные составляющие технологических трансформаций по степени их значимости; во-вторых, дает возможность оценить перспективы и «барьеры» технологического развития промышленности; в-третьих, может быть рекомендована как методическое обеспечение к оценке трендов технологического развития на различных этапах жизненного цикла промышленной продукции и используемых технологий.

2. Разработан принцип сетевого взаимодействия в цепи поставок машиностроительной продукции, отличающийся учетом условий высокой степени неопределенности и рисков обеспечения технологической локализации производства в машиностроительной промышленности, потенциалом конвергенции знаний, компетенций, технологий в цепях поставок, позволяющий: регламентировать процесс интегрированного взаимодействия предприятий и организаций в условиях обеспечения технологической локализации производства, повысить эффективность функционирования сложной производственной системы, определить направления конвергенции производственных систем и обеспечить «гармонизацию» производственных процессов в единую интегрированную систему менеджмента в цепях поставок машиностроительной продукции.

3. По результатам математического моделирования факторов качества межотраслевого взаимодействия для предприятий машиностроительной отрасли в условиях дефицита требуемых ресурсов и инноваций сделаны следующие выводы:

– качество технологического развития предприятий машиностроительной отрасли в равнозначной мере определяется сбалансированным сочетанием ресурсосбережения и наукоемкости производства; повышением производительности труда, ростом инновационной активности, обновлением основных фондов; энергосбережением и инвестициями в модернизацию производства; экологизацией и ростом промышленного производства;

– наибольшее влияние на формирование качества межотраслевого взаимодействия предприятий машиностроительной отрасли оказывают реализация политики ресурсосбережения и повышение наукоемкости, технологичности производства.

Полученные результаты математического моделирования факторов успеха предприятий машиностроительной отрасли использовались при формировании механизма реализации модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок в условиях обеспечения технологической локализации производства на предприятии АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа». Нашли отражение сформированные результаты математического моделирования факторов успеха и в деятельности АО «Казанский научно-исследовательский авиационных технологий» и были использованы для улучшения мониторинга качества реализации программ модернизации научно-технологической базы и инфраструктурных проектов предприятий авиационной отрасли.

4. В результате проведенного факторного анализа выявлено:

– основным фактором технологического развития промышленности выступает технологическое обеспечение производства, характеризуемое такими индикаторами, как износ основных производственных фондов, уровень технологичности и наукоемкости выпускаемой продукции, обеспеченность оборудованием и восполнение выбывающих основных производственных фондов;

– в составе фактора технологической обеспеченности производства обновление основных производственных фондов выступает как «барьер» в развитии, о чем свидетельствует значение коэффициента корреляции данного индикатора с фактором, который составил «минус» 0,81, следовательно, уровень восполнения выбывающих основных производственных фондов является недостаточным для поддержания соответствующего уровня технологичности производства в условиях перехода к технологическому суверенитету;

– отрицательная динамика коэффициента обновления основных производственных фондов в промышленности позволяет сделать заключение об ее негативном влиянии на технологическое развитие промышленности, выступая «узким местом» при обеспечении технологической локализации производства;

– вторым по значимости фактором технологического развития промышленности является ресурсное обеспечение производства, характеризуемое такими параметрами, как производительность труда и фондоотдача, их доля в совокупном объеме технологических изменений составляет 27%.

Полученные выводы должны лечь в основу формирования стратегии реализации проектов технологической локализации производства на предприятиях машиностроения во избежание «барьеров» и «узких мест».

5. Систематизированы проблемы в части обеспечения технологической локализации производства в области машиностроения с акцентом на отсутствие организационной структуры для достижения цели. На основе междисциплинарного подхода к решению инженерных задач разработана процессная модель сетевого взаимодействия «университет – предприятие машиностроения» в части производств высокого технико-конструкторского класса. Для оценки результативности сетевого взаимодействия «университет – предприятие машиностроения» построена регрессионная модель с участием интеллектуального, финансового и кадрового факторов технологического прогресса. Определено наибольшее влияние кадрового потенциала на результативность

инновационных разработок предприятий по производству машин и оборудования.

6. На примере производственного подразделения машиностроительного предприятия в результате картирования производственного процесса выявлены и количественно оценены производственные потери. Установлено, что потери относятся к таким категориям, как ожидание и излишняя обработка. Для сокращения производственных потерь предложены конкретные методы бережливого производства (TPM, оснастка – универсальные приспособления), что обеспечило рост показателя ОЕЕ с 43,3% до 49,2%. В результате внедрения инструментов бережливого производства на предприятии ФКП НПО «КЗТМ» на 15% увеличилась выработка участка ЦПУ Накамура, на 2% сократилось незавершенное производство, на 30% увеличилась выработка в бюро технического контроля. Апробация указанных мероприятий показала, что суммарный экономический эффект от внедрения инструментов БП составил 47%, что наглядно доказывает их эффективность в деятельности предприятия ФКП «НПО «Казанский завод точного машиностроения». В дальнейшем планируется внедрение методов Lean-технологий и в других цехах с целью улучшения показателей деятельности.

7. Установлено влияние методов бережливого производства на ОЕЕ в рамках конкретной производственной системы АО «Казанькомпрессормаш» на примере изготовления винтовой МКУ «ТАКАТ». Проведена оценка составляющих ОЕЕ до и после внедрения методов бережливого производства. Количественно оценено изменение показателя ОЕЕ в результате использования бережливых технологий производства, а именно: усредненное значение показателя ОЕЕ, рассчитанное для 21 единиц оборудования, до оптимизации составило 63,7%, после внедрения – 78,9%. Среднее время простоев оборудования уменьшилось на 38%. Производительность процесса изготовления винтовой МКУ «ТАКАТ» в среднем увеличилась на 15%.

5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕЖОТРАСЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5.1 Принципы построения интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства в машиностроительной промышленности

Опыт импортозамещения в области машиностроения в России демонстрирует успешные примеры и значительные достижения, которые способствуют не только экономическому развитию страны, но и повышению его технологического суверенитета [38]. Фактически реализуемые проекты импортозамещения уже позволили получить ощутимый экономический эффект как на уровне отдельного промышленного предприятия, так и на уровне региона и даже страны в целом. Несмотря на положительные результаты, полученные в ходе реализации политики импортозамещения в промышленности, российская экономика остается до сих пор еще высоко зависимой от импортного сырья и оборудования. Исходя из этого, в условиях жесточайшего санкционного давления и глобальных экономических изменений управление процессами наращивания потенциала импортозамещения в реальном секторе российской промышленности нуждается в разработке методического инструментария, необходимого для комплексного анализа уровня импортозависимости предприятий машиностроительной отрасли и объективной оценки эффективности реализации ими реальных или потенциальных проектов технологической локализации производства [117].

Видится целесообразным построение модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок для предприятий машиностроительной отрасли, реализующих проекты технологической локализации производства, как

элемента развития интегрированной системы менеджмента в целом, представляющей собой действенную методическую и информационно-технологическую поддержку работы, связанную с оценкой эффективности проектов технологической локализации производства на микроуровне. Первым шагом при разработке данной модели было определение принципов, в соответствии с которыми следует осуществлять построение модели ИСМ ЦП. В первую очередь, к ним относятся принципы, отражающие сущность технологической локализации производства – принцип приоритетности критически важных технологий и продукции и принцип технологической независимости и инновационного развития. Во вторую очередь, должны быть учтены принципы, в соответствии с которыми должна выстраиваться экономическая составляющая модели ИСМ ЦП (принципы экономической целесообразности и эффективности, кооперации и специализации, конкурентоспособности, государственно-частного партнерства, гибкости и адаптивности). В третью очередь, должна быть учтена социальная составляющая модели, которая будет базироваться на принципе социальной ответственности (таблица 5.1.1).

Данные принципы, лежащие в основе модели ИСМ ЦП, требуют применения комплексного подхода для обеспечения снижения зависимости от импортных поставок и повышения конкурентоспособности на внешнем рынке машиностроительных предприятий при обеспечении технологической локализации производства.

Одним из предприятий, которое активно ищет новые пути для создания импортозамещающей продукции высокого качества, является АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» – многопрофильное предприятие с развитой структурой и широким спектром направлений деятельности, специализирующееся на разработке самых современных решений в области компрессорных установок. Предприятие на протяжении многих лет занимается производством и разработкой различных турбокомпрессоров, которые применяются во многих отраслях - химическая промышленность, нефтегазовая промышленность,

металлургическая промышленность, энергетика. Предприятие активно внедряет современные технологические решения, автоматизирует производство, развивает новое направление реинжиниринга в области импортозамещения для повышения качества изготавливаемой продукции.

Таблица 5.1.1 – Принципы построения модели ИСМ ЦП (обобщено автором)

№ п/п	Наименование принципа	Реализация
1	Принцип приоритетности критически важных технологий и продукции	Определение приоритетных отраслей и продукции для обеспечения ТЛП, проведение анализа критичности импорта.
2	Принцип технологической независимости и инновационного развития	Инвестиции в НИОКР, создание инновационных кластеров и технопарков, поддержка стартапов и малых инновационных предприятий, развитие системы профессионального образования и подготовки кадров с учетом запросов промышленности в рамках обеспечения ТЛП.
3	Принцип конкурентоспособности	Стимулирование повышения качества отечественной продукции, снижение ее себестоимости, поддержка инноваций и разработок, налоговые преференции для отечественных производителей, участвующих в обеспечении ТЛП.
4	Принцип экономической целесообразности и эффективности	Проведение анализа затрат и выгод, разработка программ стимулирования импортозамещения с учетом экономической эффективности, создание механизмов поддержки предприятий, обеспечивающих ТЛП.
5	Принцип гибкости и адаптивности	Создание системы мониторинга и анализа эффективности импортозамещения, разработка механизмов быстрого реагирования на изменения внешней среды, формирование резервов ресурсов для обеспечения ТЛП.
6	Принцип государственно-частного партнерства	Разработка программ государственно-частного партнерства в сфере ПТС, создание механизмов привлечения частных инвестиций в проекты ТС, упрощение административных процедур для предприятий, участвующих в обеспечении ТЛП.
7	Принцип кооперации и специализации	Создание условий для кооперации между предприятиями-участниками обеспечения ТЛП, стимулирование специализации и разделения труда, поддержка формирования цепочек добавленной стоимости, разработка программ подготовки кадров для работы в проектах ТС.
8	Принцип социальной ответственности	Разработка программ переподготовки и повышения квалификации кадров, поддержка предприятий, создающих новые рабочие места, создание условий для развития малого и среднего бизнеса при обеспечении ТЛП.

За время существования предприятия в нем было создано более 370 компрессорных установок различного типа: из них поршневых – 10, центробежных с корпусами горизонтального и вертикального разъемов – более 150, центробежных многовальных мультипликаторного типа – более 40, винтовых и спиральных – более 200. Для газотранспортных предприятий ПАО «Газпром» разработаны современные ГПА, в которых применены принципиально новые центробежные нагнетатели с электромагнитными подшипниками и «сухими» газодинамическими уплотнениями, изготавливаемые на АО «Казанькомпрессормаш». Эти технологии обеспечивают высокую надежность оборудования.

Для обеспечения технологической локализации производства в АО «НИИТрубокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» функционирует отделение технологических инноваций и импортозамещений. Данное отделение находится в подчинении заместителя управляющего директора по проектно-конструкторским работам. В связи с запретами на некоторые виды иностранных товаров из-за введенных санкций, данного отделения технологических инноваций и импортозамещений в организационной структуре предприятия недостаточно и следует ввести дополнительные направления в области обеспечения технологической локализации производства.

В АО «НИИТрубокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» при разработке стратегии предприятия, определения целей, как на долгосрочный, так и на краткосрочный период, периодически осуществляется работа, направленная на выполнение запланированных показателей результативности СМК. Для этого проводится анализ сильных и слабых сторон, определяются внешние и внутренние факторы среды, влияющие на реализацию Политики в области качества.

Проведение анализа сильных и слабых сторон представляет собой важный инструмент стратегического управления, позволяющий комплексно оценить внутреннее состояние института и выявить его конкурентные преимущества и недостатки относительно рыночных условий.

Выделим сильные стороны АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа», которые представлены в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2 – Сильные стороны АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (обобщено автором)

Рейтинг	Параметр
1	Возможность производства нестандартной продукции по индивидуальным техническим требованиям заказчиков благодаря тесным взаимоотношениям с АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа».
2	Внутрихолдинговая кооперация.
3	Собственная производственная и испытательная база, сервисная служба.
4	Опыт работы на рынке нефтегазового оборудования более 60 лет. Большая база клиентов с установленным оборудованием КKM.
5	Широкий ассортимент поставляемой продукции. Возможность комплектовать компрессоры СПЧ для длительного срока эксплуатации.
6	Широкий спектр предоставляемых услуг: расширенная гарантия, поставка под ключ, авторский надзор, поставка до места установки, диагностирования эксплуатируемого оборудования и выдача Заказчику заключения о продлении срока службы.
7	Совершенствование технических решений. Периодическое проведение международных конференций для обсуждения между представителями науки, проектировщиков, изготовителей, эксплуатационников и поставщиков комплектующих.

В деятельности АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» можно выделить факторы, которые снижают ее эффективность. Слабые стороны института систематизированы в таблице 5.1.3.

Оценка и анализ внутренней среды АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» определили следующие факторы влияния:

а) персонал. Высшее руководство АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» строит свою работу с персоналом таким образом, чтобы способствовать развитию положительных результатов поведения и деятельности каждого отдельного сотрудника и старается устранять отрицательные последствия его действий, а также решает ряд чрезвычайно сложных задач, от чего в большей степени зависит успех функционирования всего института. Управление персоналом осуществляется посредством найма, обучения, подготовки и переподготовки сотрудников

б) система управления. Высшее руководство АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» управляет и принимает управленческие решения таким образом, чтобы исключить: низкое качество управления трудовыми, материальными, финансовыми ресурсами в связи с несогласованностью действий сотрудников, недостатком опыта, финансовыми просчетами, плохой организацией труда и т.д.;

в) технология, используемая на АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа», представляет собой сочетание квалифицированных специалистов, обладающих необходимыми навыками, оборудования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих технических знаний, необходимых для осуществления желаемых преобразований в материалах, информации и людях.

Таблица 5.1.3 – Слабые стороны АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (обобщено автором)

Рейтинг	Параметр
1	Длительный срок поставки оборудования.
2	Большое количество претензий по качеству покупных комплектующих изделий.
3	Ошибки при проектировании.
4	Низкий уровень удовлетворенности исполнением договорных обязательств в части осуществления шеф-монтажных и пусконаладочных работ.
5	Отсутствие оперативности при взаимодействии между подразделениями.
6	Высокая себестоимость производства продукции, как следствие неконкурентоспособная цена. Проигрыш тендеров по цене.
7	Устаревшее оборудование.
8	Недостаток компетенций и высокий процент оттока квалифицированного персонала.
9	Отсутствие унифицированных продуктовых линеек.
10	Отсутствие долгосрочных исследований в области продуктовых инноваций.
11	Наличие рабочих мест с повышенным классом опасности по результатам специальной оценки условий труда.
12	Сильная зависимость от двух заказчиков (ПАО «ГАЗПРОМ», ПАО «СИБУР Холдинг»).

Внешними факторами называются те условия, на которые институт не может влиять напрямую. На основе анализа рынка были выявлены возможности, создающие условия для расширения деятельности АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (таблица 5.1.4).

Таблица 5.1.4 – Возможности АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (обобщено автором)

Рей- тинг	Параметр
1	Ожидаемые инвестиции ПАО «ГАЗПРОМ» и ПАО «СИБУР Холдинг» в развитие и реконструкцию системы ПХГ.
2	Программа импортозамещения в крупнейших компаниях.
3	Открытие нового рынка компрессоров для технологических процессов сжижение природного газа.
4	Рост потребности у заказчиков не только в поставке компрессорного оборудования, но в реализации комплексных технических решений с последующим сервисным обслуживанием.
6	В ближайшие 5 лет активная модернизация оборудования металлургического комплекса.

В ходе анализа были определены наиболее значительные угрозы (таблица 5.1.5).

Таблица 5.1.5 – Угрозы АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (обобщено автором)

Рейтинг	Параметр
1	Высокая конкуренция, в том числе вход на рынок крупных игроков.
2	Наличие контрафактной продукции под брендом «Казанькомпрессормаш».
3	Низкие входные барьеры для участия в тендере конкурентов по запчастям и винтовым компрессорам.
4	Увеличение тарифов естественных монополий и рост цен на закупаемые материалы, комплектующие и энергоресурсы.
5	Выход РЭП-Холдинга на рынок компрессоров для газового процессинга.
6	Средний уровень заработной платы квалифицированного персонала на машиностроительных предприятиях в Казани выше, чем на АО «Казанькомпрессормаш».
7	Наличие опасных производственных объектов.
8	Применение импортных технологических линий при модернизации предприятий нефтепереработки.
9	Высокая зависимость портфеля заказов от одного сегмента рынка – предприятий газодобычи и транспорта газа.

Оценка и анализ внешней среды АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» определили следующие факторы прямого и косвенного влияния:

а) поставщики как собственники материальных и природных ресурсов напрямую воздействуют на институт и создают ресурсную зависимость. Выс-

шее руководство АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» выстроило систему взаимоотношений с поставщиками таким образом, чтобы ни одна поставка не была сорвана, чтобы ресурсы были доставлены в срок и в достаточном количестве, и чтобы свести к минимуму совокупные затраты;

б) потребители. АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» способно находить и находит потребителя результата своей деятельности и удовлетворяет его запросам при помощи построения отношений на основе согласия и договоренностей;

в) экономические факторы:

– инфляция, рост цен (командировочные расходы, закупка необходимой нормативной документации, оборудования, инструмента и т.п.), увеличение затрат на оказание услуг могут представлять серьезную угрозу для достижения поставленных целей;

– конкурентоспособность. Высшее руководство АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» четко понимает: недооценка конкурентов и переоценка рынка может привести к значительным материальным потерям. Для этого высшее руководство оценивает конкурентов и своевременно реагирует на изменения, связанные с необходимостью эффективно удовлетворять нужды потребителей;

– социальные факторы. Высшее руководство АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» отслеживает социальные факторы, которые связаны с меняющимися потребностями общества.

Для комплексного решения выявленных проблем деятельности института расширим SWOT-анализ с помощью парных комбинаций (сильные стороны + возможности, сильные стороны + угрозы, слабые стороны + возможности, слабые стороны + угрозы):

а) анализ сочетания сильных сторон и возможностей:

– удержание ведущих позиций на рынке газоперекачивающих агрегатов, и выход на зарубежные рынки;

- развитие реализации комплексных решений и сервисного обслуживания;
- б) анализ сочетания сильных сторон и угроз:
 - совершенствование выпускаемой продукции за счет улучшения функциональных и эксплуатационных характеристик;
- в) анализ сочетания слабых сторон и возможностей:
 - освоение и выведение на рынок новых линеек унифицированных центробежных и винтовых компрессоров нового поколения;
 - создание репутации АО «Казанькомпрессормаш» и АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» как единого поставщика комплексных решений в компрессорном оборудовании на базе винтовых и центробежных компрессоров, сопоставимых с компрессорами ведущих зарубежных производителей по качеству, надежности, безопасности, энергоэффективности, экологичности;
 - диверсификация рынков сбыта/клиентской базы. Пересмотр ценообразования для выхода на новые рынки;
- г) анализ сочетания слабых сторон и угроз:
 - модернизация технологического оборудования и производственных участков;
 - повышение квалификации персонала и внедрение системы мотивации;
 - повышение операционной эффективности за счет снижения себестоимости изготовления, сокращения количества несоответствий и затрат на их устранение.

Проведенный SWOT-анализ подтверждает, что предприятие обладает значительным потенциалом для усиления позиций в рамках политики импортозамещения и обеспечения технологической локализации производства. Сочетание технологической экспертизы, опыта разработки газоперекачивающих агрегатов и сервисных решений позволяет АО «НИИтурбокомпрессор»

не только замещать иностранные аналоги, но и выводить на рынок конкурентоспособные отечественные разработки. Ключевыми направлениями должны стать ускоренная модернизация линейки компрессоров, углубление кооперации с российскими поставщиками и участие в госпрограммах поддержки.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что принципы, лежащие в основе построения модели ИСМ ЦП, представляют собой базис для формирования комплекса мер и стратегий, направленных на создание устойчивой и конкурентоспособной среды, не зависящей от внешних технологических источников и способной к постоянному обновлению и совершенствованию. Так же необходимо учитывать, что принципы построения модели ИСМ ЦП должны быть адаптированы к конкретным условиям предприятия, что требует учета результатов анализа сильных и слабых сторон. Сильные стороны необходимо использовать для развития конкурентных преимуществ, а слабые стороны – для определения приоритетных направлений импортозамещения.

5.2 Структура модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства и обоснование выбора ее ключевых элементов

АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа», как один из ведущих российских научно-производственных центров в области компрессоростроения, столкнулось с необходимостью замены импортных комплектующих и материалов на отечественные аналоги. Полностью сократить импортную зависимость и довести ее до 0% крайне сложно в достаточно сжатые сроки, для этого необходим системный подход, который учитывает множество факторов, влияющих на обеспечение технологической локализации производства.

В АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» разработана, задокументирована, внедрена и поддерживается в рабочем состоянии СМК в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015, СТО Газпром 9001-2018, СТО INTI S.QS.7.

Область применения СМК ГОСТ Р ИСО 9001 включает в себя деятельность в отношении проектирования, производства, технического диагностирования и ремонта автоматизированного компрессорного и холодильного оборудования для объектов металлургической, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, нефтяной и газовой промышленности.

Область применения СТО Газпром 9001, СТО INTI S.QS.7: проектирование и разработка конструкторской документации для производства воздушных и газовых компрессоров, компрессорных агрегатов, компрессорных установок, компрессорных станций, газоперекачивающих агрегатов, холодильных установок, холодильных установок и турбодетандерных агрегатов, сепарационного и теплообменного оборудования.

СМК применяется для решения следующих задач:

- повышения удовлетворенности потребителей;
- реализации Политики в области качества для достижения целей и решение задач, определенных в ней;
- качественного выполнения видов деятельности (процессов) при выполнении заказов;
- повышения результативности процессов;
- гарантированного обеспечения соответствия выпускаемой продукции установленным требованиям заказчика, законодательным актам, нормативным документам.

В АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» определены:

- процессы, необходимые для функционирования СМК;
- последовательность и взаимодействие процессов СМК;
- требуемые входы и ожидаемые выходы процессов;
- критерии и методы, необходимые для обеспечения результативного функционирования процессов СМК;
- ресурсы, необходимые для этих процессов, и обеспечена их доступность;
- обязанность, ответственность и полномочия в рамках процессов СМК;

– риски и возможности, влияющие на процессы функционирования СМК.

В институте осуществляется мониторинг, измерение и анализ процессов СМК с целью их управления, принятия мер, необходимых для достижения запланированных результатов, и постоянного улучшения этих процессов.

Методы проведения мониторинга и измерений процессов содержатся в документации СМК, ответственность за проведение мониторинга, измерения определена в должностных инструкциях.

Способность процессов достигать установленных критериев и их эффективность оценивается высшим руководством при проведении анализа функционирования СМК.

Планирование осуществляется высшим руководством путем разработки организационных приказов, планов разработки документации СМК, мероприятий для достижения установленных целей в области качества, достижения установленных значений показателей процессов.

Разработка планов в области качества гарантирует:

- постоянное соответствие СМК требованиям ГОСТ Р ИСО 9001;
- выявление любых необходимых изменений;
- выявление имеющихся возможностей для совершенствования СМК.

Далее рассмотрим перечень документов СМК, действующих в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (таблица 5.2.1).

Данная таблица включает в себя ряд документов:

- а) стандарты организации;
- б) руководящие документы;
- в) положения;
- г) технологические стандарты и регламенты;
- д) рабочие и методические документы.

Таблица 5.2.1 – Перечень основных документов СМК, действующих в АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (обобщено автором)

№ п/п	Документ	Наименование документа	Ответственный
1	РК 01.01-2024	СМК. Руководство по качеству	ОКиТК
2	СТО 01.02-2024	СМК. Управление документированной информацией	ОКиТК
3	СТО 01.03-2024	СМК. Проведение анализа функционирования СМК	ОКиТК
4	СТО 01.06-2024	СМК. Внутренний аудит организации	ОКиТК
5	СТО 02.01-2025	СМК. Процесс СМК «Проектирование и разработка продукции»	ЗУД и ПКР
6	СТО 02.03-2023	СМК. Оценка качества выпускаемой документации	ЗУД и ПКР
7	СТО 07.03-2024	СМК. Стандартизация и управление документацией по стандартизации	БС
8	П 07.01-2024	СМК. Требование корпоративной культуре	ЗУД по персоналу
9	И 01.01-2024	СМК. Порядок расчета показателя качества проектирования при оценке деятельности главных конструкторов	ОКиТК
10	СТП 04-04-2022	СМК. Нормоконтроль технической документации	БС
11	СТП 10-02-2023	СМК. Технический контроль качества изготовления продукции. Общие положения	ОКиТК
12	И НТК 15-2023	Проведение изменений в электронной конструкторской документации	ЗУД и ПКР
13	СТП ККМ 128-24.003-2017	СМК. Обучение персонала	ККМ

Вышеперечисленные документы СМК служат фундаментом для обеспечения устойчивости всех производственных процессов и постоянного улучшения деятельности организации, а именно:

- обеспечение соответствия требованиям. СМК обеспечивает соответствие всем требованиям клиентов и стандартам, что снижает риск каких-либо отклонений (несоответствий).
- улучшение планирования и контроля;
- повышение эффективности процессов, т.е. СМК оптимизирует внутренние процессы;
- формирование культуры качества;

- поддержка постоянного улучшения;
- обеспечение устойчивости проекта.

Также для разработки модели ИСМ ЦП требуется провести детальный анализ имеющейся документации СМК. При необходимости данный перечень документов нужно модернизировать. Такое обновление нормативной базы даст возможность перейти на локализованные решения, повышая качество выпускаемой продукции.

Как было установлено в ходе анализа в параграфе 1.1, производство насосно-компрессорного оборудования представляет собой сложный межотраслевой комплекс, объединяющий предприятия металлургии, химической и полимерной промышленности, электроники, IT и станкостроения. Каждый из указанных смежных секторов выполняет критически важную функцию, определяющую конечные характеристики изделия. Для каждого направления взаимодействия определены ключевые показатели эффективности, отражающие специфику вклада смежников.

Однако наличие формализованных KPI и разрозненное управление договорными отношениями не обеспечивают целостности управления. Деятельность участников остается слабо синхронизированной, поскольку отсутствует единая координационная платформа, способная объединить разнородные, но взаимозависимые потоки материалов, информации и компетенций. Преодоление данного противоречия требует перехода от фрагментированного управления отдельными поставщиками к системной интеграции всех участников межотраслевой кооперации.

В качестве методологической основы такого объединения предлагается интегрированная система менеджмента в цепях поставок (ИСМ ЦП), концепция которой представлена на рисунке 5.2.1. Данная система представляет собой синтез процессного и системного подходов к управлению, обеспечивающий формирование единого управляющего центра цепи создания стоимости.

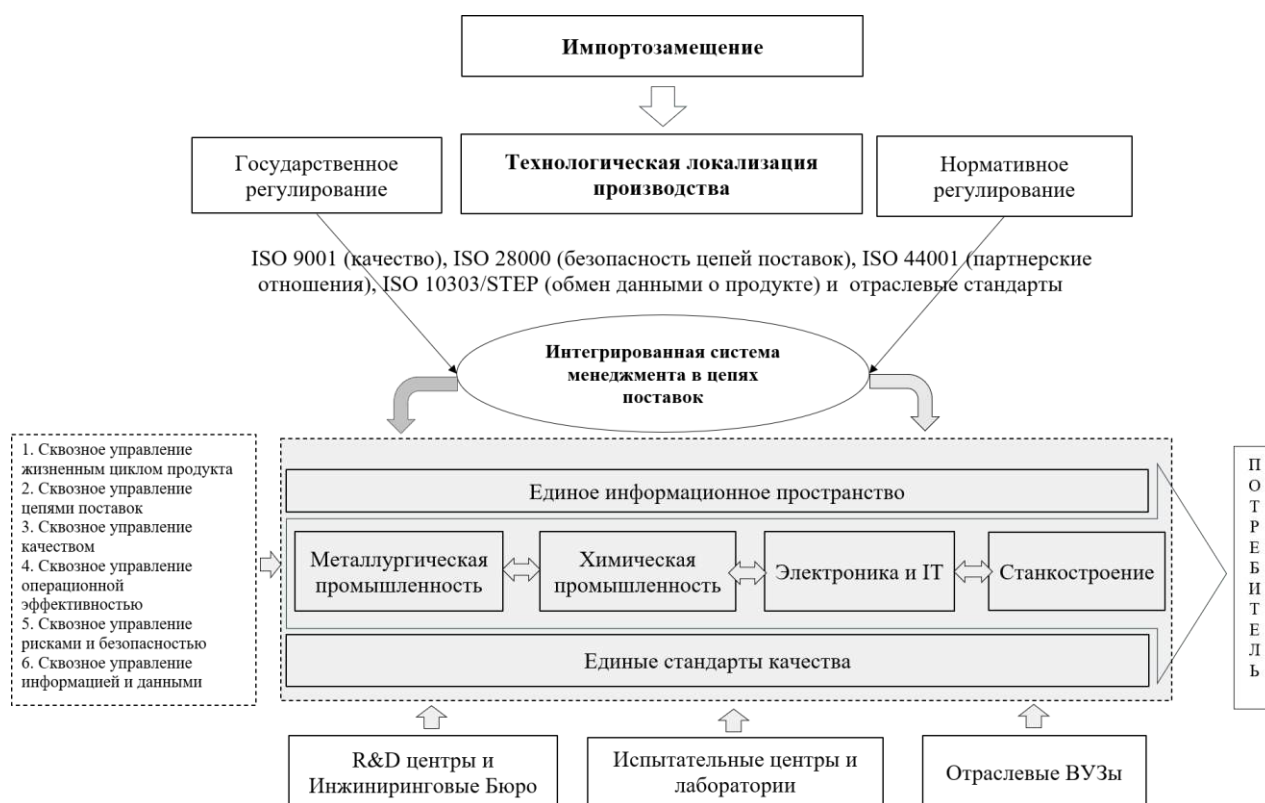


Рисунок 5.2.1 – Концептуальная схема интегрированной системы менеджмента в цепях поставок (разработана автором)

ИСМ ЦП базируется на следующих ключевых методологических подходах:

1. **Целевая направленность.** Целью проектирования и использования ИСМ ЦП является приобретение конкурентных преимуществ за счет оптимизации сквозных процессов, достижения целей всех участников и удовлетворения запросов конечных потребителей.

2. **Мультиаспектный охват.** ИСМ ЦП интегрирует виды деятельности по управлению качеством, экологическому менеджменту, обеспечению промышленной и информационной безопасности, что позволяет учитывать разнородные требования смежных отраслей.

3. **Инструментальная база.** Использование процессного подхода, цифровизации, риск-ориентированного менеджмента и оценки эффективности на основе системы ключевых показателей, адаптированных для межотраслевого взаимодействия.

4. Интеграционная стратегия. Создание единого управляющего центра цепи создания стоимости и применение стратегии интеграции участников, что позволяет синхронизировать потоки между разнородными предприятиями.

Ключевым элементом, обеспечивающим практическую реализацию ИСМ ЦП, является выделение и регламентация сквозных процессов, проходящих через всех участников межотраслевой кооперации. Именно сквозные процессы превращают совокупность независимых контрагентов из металлургии, химии, электроники, станкостроения и машиностроения в единую управляемую систему.

В рамках предложенной межотраслевой модели системы менеджмента качества выделяются следующие сквозные процессы:

1. Сквозной процесс разработки и проектирования продукции, объединяющий НИИ, вузы, инжиниринговые центры и машиностроительное предприятие. Целью данного процесса является создание конкурентоспособного проекта, ориентированного на клиента, с использованием сквозных технологий CAD/CAE/PLM и цифровых двойников. Именно здесь закладываются требования к материалам (металлургия), комплектующим (электроника, химия) и технологической оснастке (станкостроение), что обеспечивает согласованность на этапе формирования технического задания.

2. Сквозной процесс управления цепочкой поставок и внешними производителями, который обеспечивает стабильность качества и надежности поставок на всех уровнях кооперации (от Tier 3 до Tier 1) через внедрение ERP/SCM систем и технологий Интернета вещей (IoT). Данный процесс синхронизирует потоки заготовок из металлургии, уплотнителей из химической отрасли, контроллеров из электронной промышленности и станков из станкостроения.

3. Сквозной процесс производства и контроля качества, в рамках которого на базе MES-систем, машинного зрения и искусственного интеллекта обеспечивается стабильное изготовление продукции в строгом соответствии с требованиями, сформулированными на этапе проектирования. Этот процесс

аккумулирует данные о качестве от всех поставщиков и формирует единую картину соответствия конечного изделия установленным требованиям.

4. Сквозной процесс непрерывного совершенствования (Кайдзен), вовлекающий всех участников цепочки создания ценности в системное выявление и устранение причин проблем с использованием Big Data и BPM-систем. Именно через этот процесс реализуется обратная связь от машиностроительного предприятия к поставщикам материалов и комплектующих, что позволяет повышать стабильность межотраслевого взаимодействия.

5. Сквозной процесс подготовки и развития кадров, реализуемый совместно вузами, инжиниринговыми центрами и предприятиями через системы управления обучением (LMS), технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR). Данный процесс позволяет преодолеть дефицит квалифицированных специалистов, обозначенный в числе ключевых проблем отрасли, и обеспечить единые стандарты компетенций для всех участников межотраслевой кооперации.

Таким образом, объектом управления выступает сложная сеть межотраслевых связей с их специфическими требованиями, материальными потоками и ключевыми показателями эффективности. Управленческую надстройку представляет интегрированная система менеджмента в цепях поставок, которая задает принципы, цели и инструменты координации межотраслевого взаимодействия. Через выделение и регламентацию сквозных процессов, которые пронизывают всех участников межотраслевой кооперации и обеспечивают целостность управления на всех этапах жизненного цикла продукции, конкретизируется механизм реализации ИСМ ЦП.

Совокупность этих элементов формирует методологическую основу управления качеством в цепях поставок машиностроительной продукции, где межотраслевое взаимодействие интегрируется в единую управляемую систему через механизм сквозных процессов, что позволяет обеспечить технологическую локализацию и стабильное качество конечной продукции в условиях ресурсных ограничений.

Представленная на рисунке 5.2.1 концептуальная схема интегрированной системы менеджмента в цепях поставок, обеспечивающая сквозное управление жизненным циклом изделия и развитие межотраслевой кооперации в целях технологической локализации, демонстрирует архитектуру интегрированной системы менеджмента, ориентированной на обеспечение технологической локализации и управляемости цепей поставок (ИСМ ЦП) в машиностроительной отрасли. Центральным элементом данной архитектуры выступает единое информационное пространство (ЕИП), которое выполняет функцию «сквозной шины» для хранения и распространения единых цифровых артефактов: конструкторской документации (BOM, CAD/PLM-модели), технологических спецификаций, протоколов испытаний и электронных паспортов изделий. ЕИП обеспечивает реализацию принципов «единый источник правды» и полную прослеживаемость жизненного цикла продукции на всех этапах – от разработки до утилизации.

Вокруг единого информационного пространства группируются ключевые участники межотраслевого взаимодействия, представленные отраслевыми кластерами:

- металлургический кластер отвечает за производство специальных сталей, чугуна и других материалов, формирующих основу корпусных деталей и валов компрессорного оборудования;
- химико-полимерный кластер обеспечивает разработку и производство уплотнительных материалов, защитных покрытий и специальных смазок, критически важных для герметичности и долговечности оборудования;
- кластер электроники и IT поставляет системы автоматизации, датчики, контроллеры и программное обеспечение, превращающие компрессор в интеллектуальное изделие с возможностями предиктивной аналитики;
- станкостроительный кластер предоставляет технологическое оборудование для механообработки и сборки, определяя точность и производительность производственных процессов.

Каждый из указанных кластеров функционирует не изолированно, а в рамках согласованных интерфейсов данных и единых процессов верификации, что обеспечивает соответствие отраслевых стандартов общей системе качества.

Научно-техническое обеспечение системы формируется через взаимодействие с исследовательскими центрами, испытательными лабораториями и образовательными учреждениями. Эти структуры выполняют критически важную функцию формирования требований к материалам и конструкциям, проведения валидации новых решений и подтверждения их пригодности к промышленному воспроизведению. Роль данных звеньев особенно значима при переводе результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в серийное производство.

Верхний уровень схемы отражает факторы внешнего управления и регулирования, включая государственное регулирование, нормативные требования и политику импортозамещения. Целевые стандарты (ISO 9001, ISO 28000, ISO 44001 и др.) формализуются и «встраиваются» в ИСМ ЦП через соответствующие регламенты и процедуры, образуя нормативный базис системы.

Интеграция целевых международных стандартов в структуру ИСМ ЦП осуществляется через их включение в процессы конфигурации и валидации. Базовым стандартом выступает ISO 9001, формирующий «скелет» системы менеджмента качества. Для обеспечения безопасности цепочек поставок применяется ISO 28000, а для управления кооперационными связями – ISO 44001, регламентирующий совместные деловые отношения. Обмен конструкторской документацией между различными CAD-системами поставщиков обеспечивается через стандарт ISO 10303/STEP.

На основе указанных международных стандартов разрабатываются корпоративные стандарты организации (СТО) и регламенты, переводящие общие требования в практические процессы, применимые в межотраслевой среде. Формализуются контрольные узлы и регламентные документы, требуемые на

переходах между фазами жизненного цикла: DFMEA (анализ видов и последствий отказов конструкции) → PFMEA (анализ видов и последствий отказов технологических процессов) → Производство → FAT/SAT (заводские и приемочные испытания) → Эксплуатация.

Реализация ИСМ ЦП требует применения комплекса информационных систем и технологических решений, интегрированных в единую цифровую среду. Так, PLM-система выступает ядром проектно-инженерного контура, обеспечивая управление конфигурациями и спецификациями на протяжении всего жизненного цикла изделия. MES/SCADA-системы осуществляют контроль исполнения технологических маршрутов и сбор данных статистического управления процессами (SPC) непосредственно с производственного оборудования. ERP/SCM-системы автоматизируют управление материальными потоками, заказами и логистикой, обеспечивая синхронизацию планов с реальными возможностями поставщиков. Data Lake и BI-платформы служат для агрегации эксплуатационных данных, расчета ключевых показателей эффективности, предиктивной аналитики и формирования обратной связи в НИОКР.

Технологии интеграции включают API-шины, OPC UA и стандартизированные конвертеры STEP, обеспечивающие совместимость CAD/PLM-пакетов различных поставщиков.

Эффективное функционирование ИСМ ЦП требует формирования четкой организационной структуры, включающей следующие элементы:

- 1) центральный координатор ИСМ ЦП (корпоративный или межотраслевой центр) отвечает за формирование единой политики, поддержку единого информационного пространства, организацию аудитов и управление изменениями;

- 2) межотраслевые рабочие группы представляют собой формализованные совместные структуры, объединяющие разработчиков, поставщиков,

научно-исследовательские институты и испытательные лаборатории. В их задачи входит согласование стандартов и разработка дорожных карт локализации;

3) оператор контроля качества выполняет функции цифрового и документального аудита соответствия, обеспечивая независимую оценку соблюдения требований.

Для оценки результативности функционирования ИСМ ЦП предлагается система ключевых показателей, сгруппированных по направлениям:

1. Показатели локализации:

- доля локализованных компонентов по номенклатуре и по стоимости (%);
- индекс импортозамещения критических узлов (% узлов, не имеющих зарубежных аналогов).

2. Показатели надежности поставок:

- доля поставок, выполненных вовремя и в полном объеме;
- коэффициент технической готовности оборудования поставщиков.

3. Показатели качества:

- уровень дефектов на входном и выходном контроле;
- выход годного с первого предъявления на каждом этапе;
- средняя наработка на отказ.

4. Показатели эффективности разработок:

- время от прототипа до серийного производства;
- количество изменений, внесенных после передачи в производство.

5. Показатели информационной интеграции:

- уровень использования цифрового паспорта изделия;
- степень интеграции поставщиков в единое информационное пространство.

Для разрешения проблем межотраслевого взаимодействия и развития классической системы менеджмента, ограниченной рамками одного предприятия, необходим инструментарий «Качества 4.0» и синхронизированного

партнерства. Ключевые инструменты, «сшивающие» логистические, информационные и управленческие процессы в единую интегрированную систему, включают:

Методологический инструментарий:

APQP+ (Усовершенствованное планирование качества продукции) предполагает создание межотраслевых команд (инженер-машиностроитель, металлург, химик) на этапе проектирования, что позволяет учитывать ограничения каждой отрасли до начала производства.

ISO 44001 переводит взаимодействие с поставщиками из плоскости «купли-продажи» в плоскость «совместного создания ценности», включая механизмы разрешения споров и совместного управления рисками.

Цифровой инструментарий:

«Башня управления» цепями поставок представляет собой единую программную платформу, агрегирующую данные из ERP-систем всех участников и позволяющую мгновенно реагировать на отклонения.

Цифровой двойник цепи поставок позволяет моделировать сценарии замены поставщиков и оценивать влияние таких замен на качество и сроки производства.

Технологический инструментарий:

Блокчейн для прослеживаемости гарантирует неизменность данных о качестве на всем протяжении цепи поставок, автоматизируя входной контроль и снижая логистические издержки на проверки.

Сквозной VSM позволяет увидеть скрытые потери на стыках отраслей и синхронизировать производственные процессы.

Инструменты контроля и прогнозирования:

Сквозной FMEA анализирует, как ошибка в одной отрасли (например, ошибка программиста в IT-секторе) может привести к отказу оборудования в другой (физическое разрушение подшипника).

Прогнозная аналитика качества на основе искусственного интеллекта позволяет поставщикам предупреждать головной завод о необходимости корректировки режимов обработки.

Предложенная концептуальная модель интегрированной системы менеджмента в цепях поставок создает методологическую основу для сквозного управления качеством, информационными потоками и развитием межотраслевой кооперации. Ключевым результатом внедрения данной модели становится формирование устойчивой, импортонезависимой и постоянно саморазвивающейся экосистемы производства компрессорного оборудования, способной эффективно функционировать в условиях современных вызовов и обеспечивать потребности ключевых отраслей российской промышленности в высокотехнологичной продукции.

Для более глубокого анализа и структурирования модели ИСМ ЦП рассмотрим процесс производства импортозамещающей продукции при обеспечении технологической локализации производства на машиностроительном предприятии (рисунок 5.2.2).

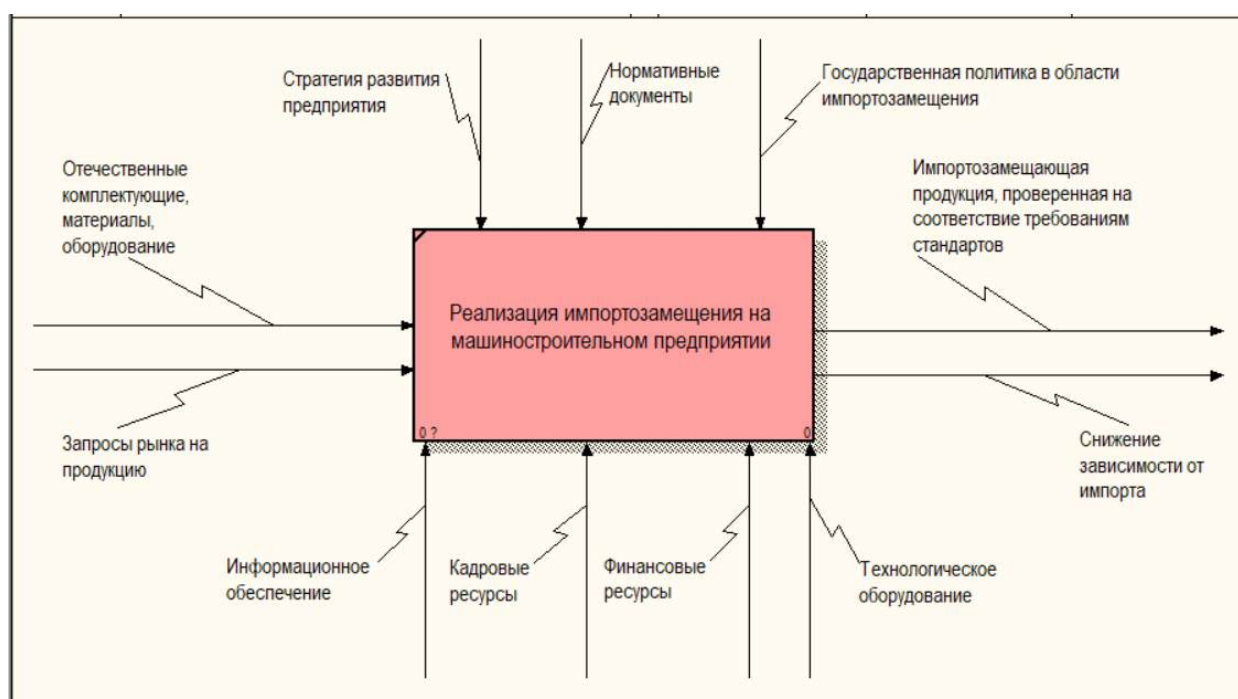


Рисунок 5.2.2 – Процесс производства импортозамещающей продукции при обеспечении технологической локализации производства в рамках модели ИСМ ЦП (построено автором)

Из рисунка 5.2.2 видно, что входами являются отечественные комплектующие, материалы, оборудование, а также запросы рынка, а выходами - снижение зависимости от импорта и импортозамещающая продукция, соответствующая требованиям стандартов. Для реализации процесса импортозамещения требуются также значительные финансовые ресурсы, современное технологическое оборудование, кадры, обладающие необходимой квалификацией и способные работать в условиях адаптации к новым технологиям и оборудованию, информационное обеспечение, соответствующее требованиям реализации ПТС, научная и методологическая база. Управленческое воздействие реализуется через разработку стратегии предприятия в рамках ПТС, внедрение нормативной документации, соответствующей ТЛП, государственную политику, направленную на поддержку технологической локализации производства.

Далее, для выделения основных блоков модели ИСМ ЦП была проведена декомпозиция процесса производства импортозамещающей продукции при обеспечении технологической локализации производства (рисунок 5.2.3). Детализация входов, выходов, управляющих воздействий и механизмов на каждом этапе обеспечивает четкое определение требований, ограничений и необходимых ресурсов. Применение методологии IDEF0 позволило выделить шесть взаимосвязанных этапов, что способствует более глубокому пониманию логики процесса:

- 1) анализ рыночных запросов и планирование производства импортозамещающей продукции;
- 2) разработка технологий и конструкторской документации;
- 3) подготовка кадров;
- 4) организация снабжения и кооперации с поставщиками;
- 5) производство продукции и локализация компонентов;
- 6) оценка результатов процесса.

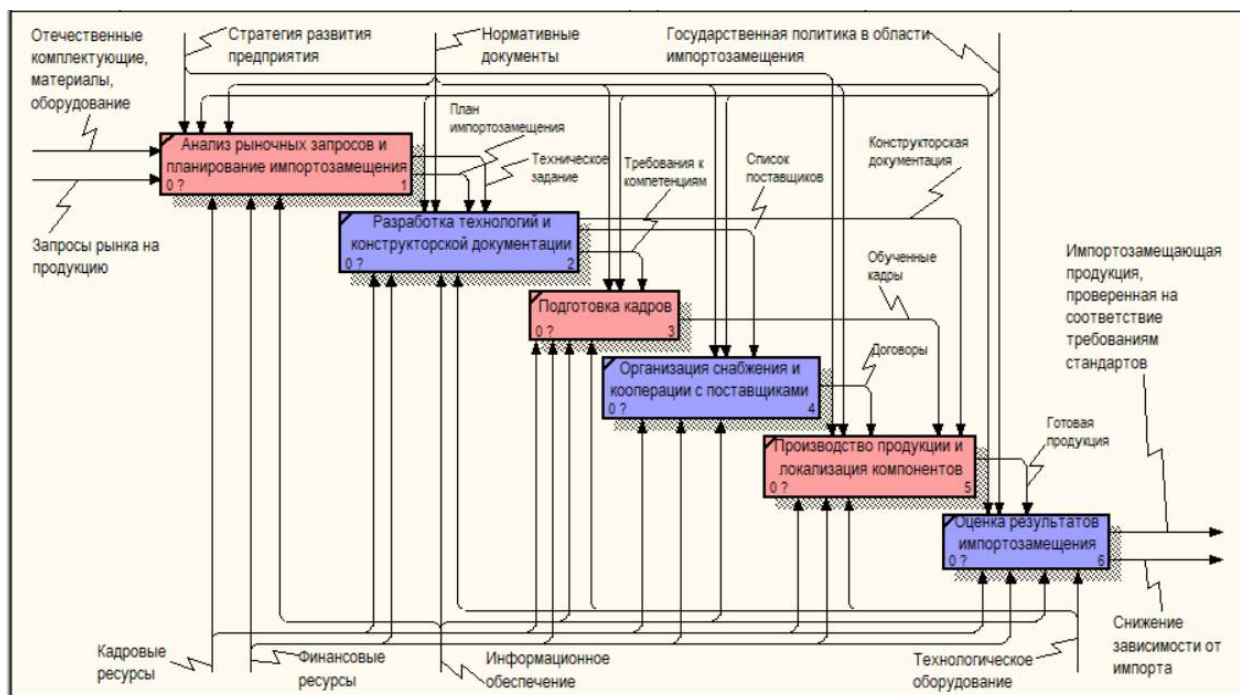


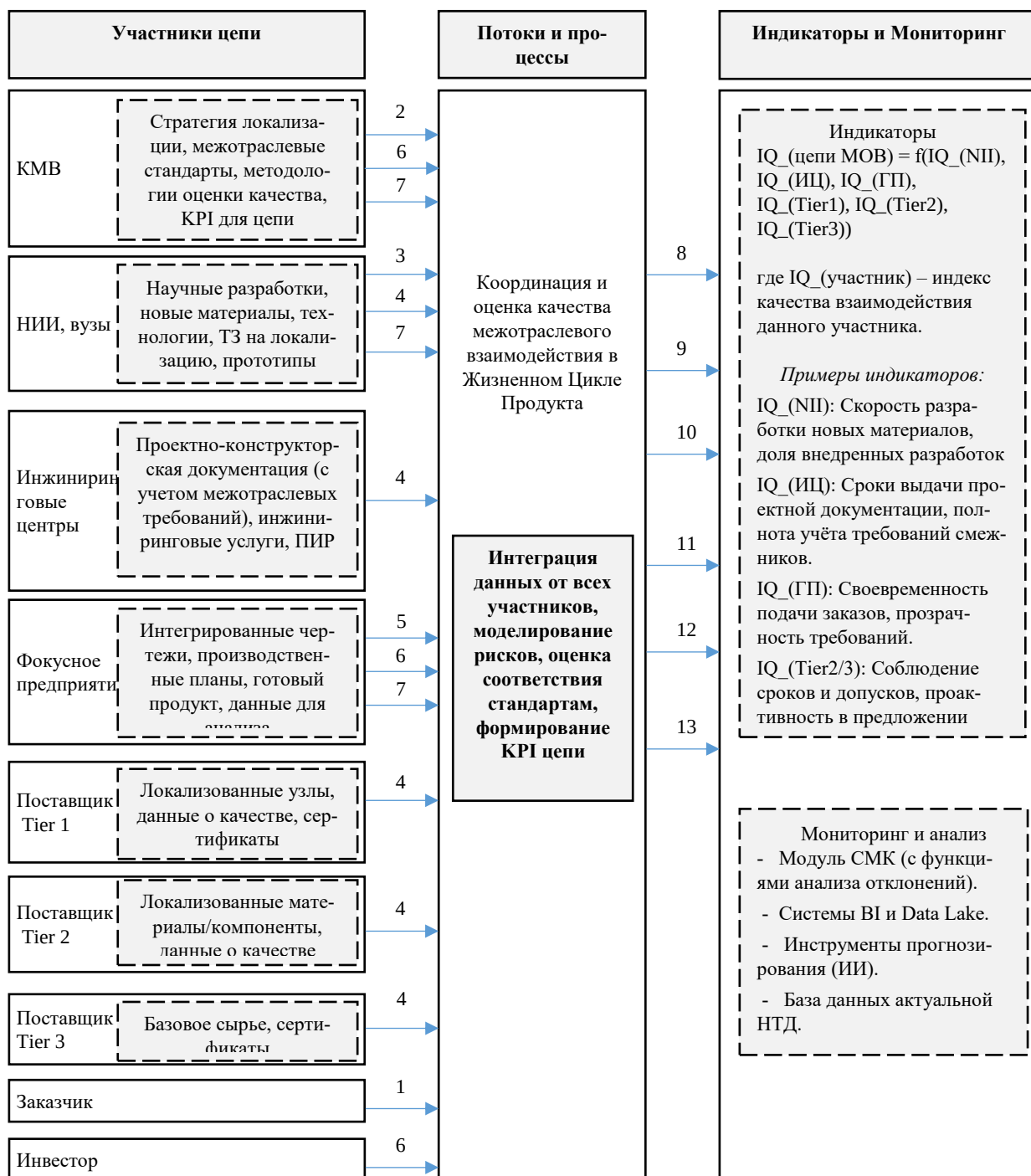
Рисунок 5.2.3 – Основные этапы процесса производства импортозамещающей продукции при обеспечении технологической локализации производства в рамках модели ИСМ ЦП (разработано автором)

В соответствии с проведенной декомпозицией была разработана модель ИСМ ЦП, состоящая из 6 блоков:

1. Анализ и планирование.
2. НИОКР и технологическое развитие.
3. Кадровое обеспечение.
4. Снабжение и кооперация.
5. Производство и локализация.
6. Оценка качества и конкурентоспособности продукции.

Декомпозиция позволяет наглядно увидеть разделение входных и выходных потоков, а также влияние механизмов и внешних факторов на этапы реализации импортозамещения на машиностроительном предприятии.

Представленная выше схема процесса представляет собой схему IDEF0 для одного предприятия. Трансформируем её в кросс-функциональную диаграмму с явным разделением ролей участников и потоков (рисунок 5.2.4).



Примечание: 1 «Рыночные требования и прогнозы»; 2 «Государственная политика и нормативная база»; 3 «Научный задел»; 4 «Технологии и материалы»; 5 «Заказы на комплектующие»; 6 «Финансовые ресурсы»; 7 «Кадровые ресурсы»; 8 «Оценка качества межотраслевого взаимодействия» (единый рейтинг цепи, КРІ); 9 «Технологическая локализация» (достигнутый уровень); 10 «Опережающая адаптивность цепи поставок» (скорость реакции); 11 «Снижение транзакционных издержек и времени цикла»; 12 «Актуализированная нормативная база» (для всех участников); 13 «Прогноз и планирование развития цепи»

Рисунок 5.2.4 – Управление качеством межотраслевого взаимодействия в жизненном цикле продукта (разработано автором)

Ее новизна и отличие от ранее существовавших:

1. Межотраслевой фокус: исходная модель фокусировалась на одном предприятии. Наша модель включает всех ключевых участников межотраслевой цепи, включая научно-исследовательский комплекс и координирующий орган.

2. Центральная роль КМВ: вводится новый субъект – координатор межотраслевого взаимодействия, который не просто собирает данные, но активно управляет цепями поставок и качеством, разрабатывая единые стандарты и КРІ.

3. Приоритет качества над процессом: вместо «эффективности» отдельных блоков оценивается общее качество взаимодействия, которое и приводит к достижению технологической локализации.

4. Динамическая НТД: НТД перестает быть статичной. Модель предполагает, что все процессы (Р1-Р6) и технологии (Т1-Т4) работают с постоянно актуализируемой нормативной базой, что исключает ошибки из-за устаревших документов.

С практической точки зрения модель обеспечивает следующие преимущества:

1. Сквозное управление качеством: позволяет контролировать качество не только готового компрессора, но и каждого его компонента, произведенного в разных отраслях. Если у поставщика металла обнаружена проблема, она выявляется на ранних этапах, а не в момент готовности узла.

2. Ускоренная локализация: новые отечественные НИИ, ВУЗы, инжиниринговые центры интегрируются в цепочку быстрее, т.к. получают четкие, актуальные требования и стандарты от КМВ.

3. Снижение рисков: предусматривается анализ рисков на каждом межотраслевом стыке, что минимизирует вероятность сбоев.

4. Объективная оценка: позволяет не только оценить успешность отдельного предприятия, но и качество работы всей межотраслевой кооперации, выявляя «слабые звенья».

5. Интеграция науки и производства: обеспечивает непрерывный поток от научных разработок до их внедрения в реальное производство на основе единых стандартов.

Модель предлагает конкретные механизмы (КМВ, ЕИП, индикаторы IQ) для решения проблем, которые ранее оставались нерешенными, таких как синхронная локализация сложных наукоемких продуктов и обеспечение качества на стыках различных отраслей.

Рассмотрим формализацию межотраслевой модели в виде математической (матричной / динамической) модели.

Основные задачи формализации:

- получить измеряемый скалярный индекс $KMB(t)$ для мониторинга сети;
- обеспечить динамическую модель обновления состояния участников и НТД;
- дать возможность оптимизации (например, максимизировать КМВ при ресурсных ограничениях).

Для обеспечения объективного управления качеством межотраслевого взаимодействия при реализации проектов технологической локализации предлагается формализованная математическая модель, позволяющая измерять, прогнозировать и оптимизировать состояние цепи поставок. Модель базируется на системном представлении участников, процессов, технологий и нормативно-технической документации (НТД) как единого динамического объекта управления.

Определим множество участников цепи поставок $U = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, включающее координатора, научно-исследовательские институты, вузы, инжиниринговые центры, фокусное предприятие, поставщиков уровней Tier 1–Tier 3, а также логистических операторов. Каждому участнику u_i в момент времени t ставится в соответствие вектор нормированных подиндикаторов $\mathbf{s}_i(t) = [s_{i1}(t), s_{i2}(t), \dots, s_{iK_i}(t)]$, отражающих своевременность поставок,

точность передачи данных, соответствие требованиям НТД, инновационную активность, уровень цифровизации и компетенции персонала.

Локальный агрегированный индекс качества взаимодействия участника u_i определяется с использованием взвешенного геометрического среднего $q_i(t) = \prod_k s_{ik}(t)^{w_{ik}}$, где w_{ik} – весовые коэффициенты значимости каждого подиндикатора. Выбор геометрической формы обусловлен высокой чувствительностью к низким значениям показателей, что критически важно для выявления «слабых звеньев» в межотраслевой кооперации.

Для оценки состояния всей цепи поставок вводится скалярный индекс качества межотраслевого взаимодействия $K(t) \in [0,1]$, объединяющий локальные индексы всех участников с учетом их значимости:

$K(t) \equiv \text{КМВ}(t) = \prod_{i=1}^N q_i(t)^{\alpha_i}$, где α_i – весовые коэффициенты критичности участника. Мультипликативная форма индекса обеспечивает высокую чувствительность к снижению качества любого участника: если хотя бы один элемент цепи $q_i(t)$ приближается к нулю, общий индекс $K(t)$ также стремится к нулю, что соответствует принципу «прочность цепи определяется самым слабым звеном».

Эволюция качества взаимодействия каждого участника во времени описывается дискретным уравнением динамики:

$$q_i(t+1) = q_i(t) + \eta_i \cdot \left(\sum_j \beta_{ij} x_j(t) + a_i(t) \right) \cdot U_i(t) - \lambda_i(t) q_i(t), \quad (5.2.1)$$

где $\eta_i \in (0,1]$ – коэффициент усвоения изменений (обучаемость);

β_{ij} – коэффициент межотраслевого влияния, отражающий степень воздействия технологии x_j на участника u_i ;

$a_i(t)$ – объем ресурсов, направленных на улучшение;

$U_i(t)$ – эффективность управленческих воздействий;

$\lambda_i(t)$ – интенсивность негативных факторов (деградация, устаревание, внешние шоки).

Данное уравнение позволяет моделировать процессы развития или деградации участников под влиянием инвестиций, технологических изменений и внешних рисков.

Критическим элементом модели является формализация обновления НТД на основе данных мониторинга:

$$NTD(t + 1) = NTD(t) + \gamma \cdot \text{Filter}(M(t)), \quad (5.2.2)$$

где $M(t) = H_{\text{measure}}(\text{data}_{T4}(t), \mathbf{q}(t), \text{KPIs})$ – интегральный сигнал обратной связи, формируемый на основе данных промышленного интернета вещей (IIoT), текущих значений качества и ключевых показателей эффективности. Оператор Filter отделяет статистически значимые сигналы (аномалии, системные отклонения) от случайного шума, а коэффициент γ отражает готовность системы к внесению изменений. Данный механизм замыкает цикл управления (PDCA), обеспечивая переход от субъективного нормотворчества к объективному, основанному на данных обновлению документации.

Координатор (центр компетенций, проектный офис) решает задачу оптимального распределения ограниченных ресурсов для максимизации качества межотраслевого взаимодействия на заданном горизонте планирования:

$$\max_{A(t \dots t+H)} \mathbb{E} \left[\sum_{\tau=t}^{t+H} w(\tau) \cdot K(\tau) \right] \quad (5.2.3)$$

при ограничениях $\sum_i c_i \cdot a_i(\tau) \leq B(\tau)$, $a_i(\tau) \geq 0$, где c_i – стоимость единицы усилий для участника i , $B(\tau)$ – бюджетный ресурс в период τ . Данная постановка превращает координатора из контролера в инвестора-оптимизатора, целенаправленно распределяющего ресурсы между участниками для достижения максимального синергетического эффекта.

Предложенная математическая модель подлежит верификации по трем направлениям: (1) аппроксимация исторических отклонений качества на основе изменения локальных индексов $q_i(t)$; (2) сценарное моделирование перераспределения ресурсов с оценкой чувствительности $K(t)$ к управляющим

воздействиям; (3) проверка эффективности механизма актуализации НТД путем анализа корреляции между внесенными изменениями и последующим ростом качества участников.

Практическая реализация модели предполагает интеграцию с корпоративными информационными системами (ERP, MES, PLM) для автоматизированного сбора подиндикаторов $s_{ik}(t)$, расчет локальных и агрегированных индексов в BI-платформах, а также внедрение рабочих процессов актуализации НТД с электронным согласованием изменений.

Разработанный математический аппарат обеспечивает:

- объективную количественную оценку качества межотраслевого взаимодействия через мультипликативный индекс $K(t)$, чувствительный к «слабым звеньям»;
- прогнозирование динамики состояния участников с учетом инвестиций, технологического влияния и факторов деградации;
- формализацию механизма обновления НТД на основе данных мониторинга, замыкающую цикл управления качеством;
- оптимизационную постановку задачи распределения ресурсов, превращающую координатора в активного управляющего системой.

Представленная модель формирует методологическую основу для перехода от субъективных экспертных оценок к измеримому, воспроизводимому и управляемому процессу обеспечения качества межотраслевого взаимодействия в цепях поставок машиностроительной продукции.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что модель ИСМ ЦП при обеспечении технологической локализации производства представляет собой комплексную систему, структурированную в виде четырех ключевых блоков: нормативное регулирование, управление процессами, ресурсное обеспечение и анализ результатов. Данные блоки формируют целостное видение процесса, обеспечивая его системность и управляемость. Применение методологии IDEF0 позволило декомпозировать реализацию мо-

дели на шесть взаимосвязанных этапов, что способствует более глубокому пониманию логики процесса. Детализация входов, выходов, управляющих воздействий и механизмов на каждом этапе обеспечила четкое определение требований, ограничений и необходимых ресурсов.

5.3 Методика оценки эффективности импортозамещающей продукции в рамках модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при реализации проекта технологической локализации производства

В рамках модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства необходимо учитывать не только качество межотраслевого взаимодействия, но и уровень эффективности каждого отдельно взятого предприятия-участника ИСМ ЦП.

Для оценки уровня эффективности участника цепи поставок при обеспечении технологической локализации производства требуется разработать показатели эффективности для каждого блока, а также определить их удельный вес. Оценка показателей может проводиться как в абсолютном выражении (при их наличии), так и в относительном (в случае, если информация является закрытой или отсутствуют точные данные). Для данной модели представлены показатели в относительном выражении: показатели, которые должны пройти экспертную оценку, указываются в баллах, расчетные относительные показатели - в процентах. Показатели приведены к нормализованной шкале, где 1,0 (100%) соответствует максимально возможному уровню реализации. Весовые коэффициенты присваиваются экспертным путем.

В таблице 5.3.1 приведены показатели для блока «Анализ и планирование».

Таблица 5.3.1 – Блок «Анализ и планирование»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Доля импортных комплектующих, материалов и оборудования в себестоимости продукции	%	F ₁
Оценка технологического уровня отечественных аналогов	баллы	F ₂
Инвестиционное обеспечение ТЛП	баллы	F ₃
Оценка готовности предприятий – участников в цепи поставок к участию в обеспечении ТЛП	баллы	F ₄
Сравнительная оценка стоимости отечественных комплектующих и материалов с импортными аналогами	баллы	F ₅
Оценка степени зависимости от импорта	баллы	F ₆
Своевременность разработки плана проекта ТЛП	баллы	F ₇
Своевременность корректировки плана проекта ТЛП	баллы	F ₈

Формула для расчета индекса эффективности блока «Анализ и планирование» (A_1) имеет вид:

$$A_1 = V_1 \times (1 - F_1) + V_2 \times F_2 + V_3 \times F_3 + V_4 \times F_4 + V_5 \times F_5 + V_6 \times F_6 + V_7 \times F_7 + V_8 \times F_8, \quad (5.3.1)$$

где $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8$ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Индекс эффективности блока A_1 позволяет определить текущую зависимость от импорта, оценить качество аналитической работы и эффективность планирования в контексте проекта ТС. Данный блок является фундаментальным и структурообразующим.

В таблице 5.3.2 приведены ключевые показатели для блока «НИОКР и технологическое развитие».

Формула для расчета индекса эффективности блока «НИОКР и технологическое развитие» (A_2) имеет вид:

$$A_2 = V_1 \times T_1 + V_2 \times T_2 + V_3 \times T_3 + V_4 \times T_4 + V_5 \times T_5 + V_6 \times T_6 + V_7 \times T_7, \quad (5.3.2)$$

где $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Таблица 5.3.2 – Блок «НИОКР и технологическое развитие»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Своевременное финансирование НИОКР в объемах, соответствующих плановым показателям	баллы	T ₁
Доля разработанных новых технологий и материалов в общем объеме	%	T ₂
Выполнение плана по патентованию	%	T ₃
Доля инновационной продукции в общем объеме производства	%	T ₄
Эффективность технологических инвестиций	%	T ₅
Технологическая готовность новых разработок	баллы	T ₆
Своевременность вывода новых технологий и материалов в производство	баллы	T ₇

Индекс A₂ позволяет оценить результативность исследований, своевременность вывода новых технологий и материалов в производство и качество технологических решений. Этот блок обеспечивает технологическую основу для реализации ПТС, позволяя разрабатывать конкурентоспособные аналоги, создавать собственные технологические решения, защищать интеллектуальную собственность, обеспечивать долгосрочное развитие.

Далее рассмотрим показатели для блока «Подготовка кадров» (таблица 5.3.3).

Таблица 5.3.3 – Блок «Подготовка кадров»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Доля сотрудников, прошедших переподготовку и повышение квалификации	%	C ₁
Наличие необходимых компетенций у сотрудников, прошедших переподготовку и повышение квалификации	баллы	C ₂
Соответствие программ обучения потребностям производства	баллы	C ₃
Финансирование обучения	%	C ₄
Текучесть кадров	%	C ₅

Формула для расчета индекса эффективности блока «Подготовка кадров» (A₃) имеет вид:

$$A_3 = V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 + V_3 \times C_3 + V_4 \times C_4 + V_5 \times (1 - C_5), \quad (5.3.3)$$

где V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Индекс A_3 оценивает результативность подготовки кадров. Человеческий капитал – один из ключевых ресурсов для успешной реализации проекта ТС. Значение индекса эффективности блока позволяет оценить готовность персонала к изменениям, контролировать процесс переподготовки, повышать производительность труда.

В таблице 5.3.4 приведены ключевые показатели для блока «Снабжение и кооперация», отражающего эффективность логистической поддержки проекта ТС.

Таблица 5.3.4 – Блок «Снабжение и кооперация»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Доля отечественных поставщиков в общем объеме закупок	%	B_1
Доля заключенных договоров с отечественными поставщиками	%	B_2
Надежность поставок	баллы	B_3
Оценка уровня запасов сырья и комплектующих	%	B_4
Кооперационная интеграция	баллы	B_5
Оценка качества импортозамещающих материалов и комплектующих	баллы	B_6
Оперативность логистики	баллы	B_7
Инвестиционная активность	баллы	B_8

Формула для расчета индекса эффективности блока «Снабжение и кооперация» (A_4) имеет вид:

$$A_4 = V_1 \times B_1 + V_2 \times B_2 + V_3 \times B_3 + V_4 \times B_4 + V_5 \times B_5 + V_6 \times B_6 + V_7 \times B_7 + V_8 \times B_8, \quad (5.3.4)$$

где $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8$ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Индекс A_4 оценивает эффективность управления снабжением и кооперацией при обеспечении технологической локализации производства. Оценка

эффективности блока нацелена на поиск надежных поставщиков, оптимизацию логистики, развитие кластерного взаимодействия.

Рассмотрим блок «Производство и локализация» и его показатели (таблица 5.3.5).

Таблица 5.3.5 – Блок «Производство и локализация»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Доля локализованных материалов и комплектующих в общем объеме	%	P ₁
Доля локализованной производственной инфраструктуры	%	P ₂
Скорость адаптации производства к локализованным материалам и комплектующим	баллы	P ₃
Эффективность от внедрения программы БП	%	P ₄
Производительность труда	%	P ₅
Рентабельность импортозамещенной продукции	%	P ₆
Рентабельность производства	%	P ₇

Формула для расчета индекса эффективности блока «Производство и локализация» (A₅) имеет вид:

$$A_5 = V_1 \times P_1 + V_2 \times P_2 + V_3 \times P_3 + V_4 \times P_4 + V_5 \times P_5 + V_6 \times P_6 + V_7 \times P_7, \quad (5.3.5)$$

где V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆, V₇ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Индекс A₅ отражает эффективность производства импортозамещающей продукции и уровень локализации производства при обеспечении технологической локализации производства.

Мониторинг значений показателей данного блока позволяет контролировать процесс локализации, оптимизировать производственные процессы, оценивать их эффективность. При этом внедрение программы Бережливого производства играет огромную роль для оптимизации процессов на машиностроительных предприятиях [13].

Далее перейдем к заключительному блоку «Оценка качества и конкурентоспособности продукции» (таблица 5.3.6).

Таблица 5.3.6 – Блок «Оценка качества и конкурентоспособности продукции»

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначение
Своевременность реализации проекта ТЛП	баллы	D ₁
Степень достижения плановых показателей проекта ТЛП	%	D ₂
Степень удовлетворенности потребителей	баллы	D ₃
Оценка уровня бездефектности импортозамещающей продукции	%	D ₄
Эффективность затрат на обеспечение качества	%	D ₅
Степень стандартизации работ при реализации проекта ТЛП	%	D ₆
Доля внутреннего рынка, занимаемого импортозамещающей продукцией	%	D ₇
Экспортная активность	баллы	D ₈
Сравнительная оценка стоимости импортозамещающей продукции со стоимостью импортных аналогов	%	D ₉
Степень соответствия продукции международным стандартам	%	D ₁₀

Формула для расчета индекса эффективности блока «Оценка качества и конкурентоспособности продукции» (A_6) имеет вид:

$$A_6 = V_1 \times D_1 + V_2 \times D_2 + V_3 \times D_3 + V_4 \times D_4 + V_5 \times D_5 + V_6 \times D_6 + V_7 \times D_7 + V_8 \times D_8 + V_9 \times D_9 + V_{10} \times D_{10}, \quad (5.3.6)$$

где $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}$ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого показателя, сумма которых должна равняться 1.

Индекс A_6 отражает достигнутый уровень качества импортозамещающей продукции, ее конкурентоспособность и, в целом, результативность всех процессов по выпуску импортозамещающей продукции.

Далее следует провести агрегацию частных индексов в общий индекс, используя весовые коэффициенты, отражающие приоритеты предприятия:

$$J = Q_1 \times A_1 + Q_2 \times A_2 + Q_3 \times A_3 + Q_4 \times A_4 + Q_5 \times A_5 + Q_6 \times A_6, \quad (7)$$

где $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ - весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого блока.

На основании рассчитанного значения общего индекса J , определяется уровень эффективности модели ИСМ ЦП. Разработанная шкала соответствия

уровня эффективности модели ИСМ ЦП качеству выпускаемой импортозамещающей продукции представлена в таблице 5.3.7.

Таблица 5.3.7 – Уровни эффективности модели ИСМ ЦП при обеспечении технологической локализации производства

Уровень	Диапазон эффективности (%)	Эффективность	Качество продукции
1	1-20	Неудовлетворительная	Качество низкое, высокий процент брака, частые рекламации.
2	21-40	Низкая	Качество нестабильное, заметны дефекты, требуется доработка.
3	41-60	Средняя	Качество приемлемое, но есть возможности для улучшения.
4	61-80	Высокая	Качество стабильно высокое, редкие случаи брака.
5	81-100	Наивысшая	Качество близко к идеальному, минимальный брак.

Предлагаемая формула расчета эффективности модели ИСМ ЦП представляет собой структурированный подход, позволяющий выявить слабые места при обеспечении технологической локализации производства для разработки мероприятий по повышению эффективности процесса. К преимуществам модели ИСМ ЦП следует отнести ее универсальность, простоту и возможность использования даже при отсутствии точных данных.

Представленные в модели показатели отражают основные направления процесса обеспечения технологической локализации производства, поэтому при анализе деятельности отдельно взятого предприятия данные показатели могут быть заменены или дополнены другими, которые соответствуют детализированным целям анализа и наличию данных для оценки.

Отдельно хочется отметить, что обеспечение технологической локализации производства в условиях кризисов и санкций направлена прежде всего на снижение зависимости от иностранных поставщиков сырья, комплектующих и оборудования. В соответствии с этим, представленный подход по

оценке эффективности модели ИСМ ЦП направлен не на выявление экономической целесообразности осуществления проекта технологической локализации производства, а на обеспечение стабильности и надежности выпуска импортозамещающей продукции высокого качества, соответствующей требованиям современных стандартов.

Разработанная модель интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства и система оценки ее эффективности будут способствовать выполнению целей технологического суверенитета по обеспечению системного повышения качества выпускаемой продукции и повышению уровня ее конкурентоспособности.

5.4 Применение инструментов системы менеджмента качества для совершенствования организации рабочих мест на предприятиях машиностроительной промышленности

В настоящее время в системе менеджмента качества рабочих мест действует стандарт, предложенный техническим комитетом по стандартизации ГОСТ Р 56407–2015 «Бережливое производство», в котором прописывается понятие «рабочего места», под которым понимается место постоянного или временного пребывания работника в процессе выполнения трудовой деятельности [66]. Рабочее место оснащается необходимыми техническими средствами для выполнения возложенных на него функций и должностных обязанностей в процессе осуществления деятельности. Можно заключить, что рабочее место – это системное образование, которое характеризуется совокупностью связанных элементов системы, таких как средства труда, предметы труда, субъект труда, процесс труда, продукт труда. При этом продукт труда является конечной точкой взаимосвязи остальных элементов системы. Исходя из принципа технологичного формирования рабочих мест на производстве, можно предположить, что оно характеризуется также совокупностью матери-

альных, энергетических и информационных потоков в процессе осуществления работником (субъектом труда) производственной деятельности (процесса труда). Опираясь на системный подход к управлению, рассматривая рабочее место в качестве системы, следует предположить, что на него осуществляется воздействие управляющей подсистемы в виде выдачи заданий, распоряжений, плана производства, идущих, например, от бригадира, мастера, начальника цеха, начальника участка и т.д. в зависимости от типа организационной структуры производства.

Для обеспечения единообразия и тиражируемости решений предложена вертикально-интегрированная система связей внутрикорпоративных стандартов. В основе модели лежит переход от локальных инструкций к сквозным регламентам предприятия (СТО). Это позволяет минимизировать влияние человеческого фактора: параметры качества рабочего места становятся измеряемыми и не зависят от специфики конкретного участка, обеспечивая «бесшовный» переход персонала и единый уровень культуры производства» (рисунок 5.4.1).

Рабочее место производственного участка предприятия машиностроительной отрасли представлено субъектом труда (рабочий производственного участка), средствами труда (например, регулирующие приборы, рабочие инструменты и т.п.), предметом труда (например, литейная заготовка, краска, детали, комплектующие, болты, шурупы и т.п.), процессом труда (подготовка заготовки по детали для следующей технологической стадии производства и т.п.).

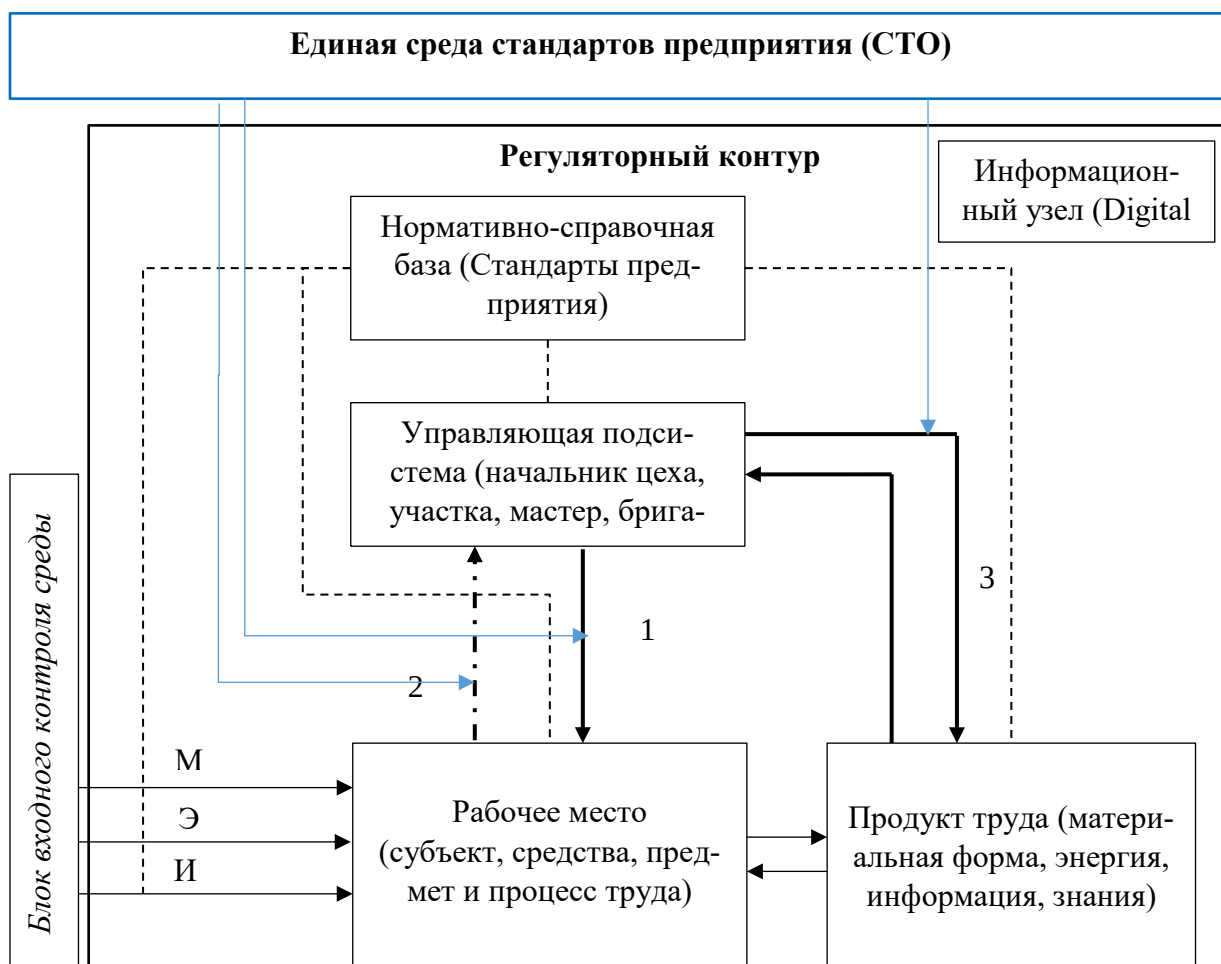


Рисунок 5.4.1 – Модель обеспечения качества на рабочем месте с применением системы внутрикорпоративной стандартизации
(разработана автором)

Дополнительно в модели учтены:

1. Блок входного контроля среды: Автоматизированная проверка наличия только нужного инструмента (RFID-метки или визуальные датчики).
2. Контур «Встроенного качества» (Jidoka): Инструменты и оснастка связаны с системой ЧПУ или контрольным табло. Если инструмент изношен или взят не тот, то тогда процесс блокируется.
3. Информационный узел (Digital Twin): Замена бумажных инструкций на динамические визуальные подсказки (проекция на верстак или монитор), меняющиеся в зависимости от этапа сборки.

Со стороны управляющей подсистемы – начальника цеха, начальника участка, мастера или бригадира к рабочему месту (на схеме поток 1) поступает

информация в виде распоряжения, плана производства, которая принимается субъектом рабочего места, в то же время от субъекта рабочего места исходит обратный информационный поток (на схеме поток 2), о принятии плана или распоряжения в работу. Конечной целью функционирования рабочего места является получение продукта труда, поэтому в процессе осуществления деятельности к рабочему месту идут ряд классов потоков: М – материально-вещественные потоки (сырье, материалы, заготовки с предыдущих технологических стадий производства или со склада и т.п.), Э – энергия (в форме электрической энергии на освещение рабочего места, энергия для работы оборудования, воды и т.п.), И – информация (с других технологических стадий производства, например, о результатах выходного контроля изделия и т.п.). Выходом с рабочего места является продукт труда рабочего, который может быть представлен в различных формах – материально-вещественной (например, заготовка для следующей технологической операции, которая передается на другой участок), в виде энергии или информации (результаты выходного контроля изделия и т.п.). Кроме того, особо следует указать на формирование такой формы продукта труда, как знания. Имеются в виду знания о самом процессе производства и создании продукта труда, их развитии и совершенствовании, знания о способах и новых функциональных особенностях использования средств труда и предметов труда. Подчеркнем, что знания становятся одной из основных характеристик организации рабочего места, поскольку являются генератором для развития, совершенствования и повышения качества организации процессов производства. При этом управляющая подсистема также оценивает результаты труда и сам процесс труда, например, на соответствие качеству, затраченного времени выполнения, объему израсходованных ресурсов и т.п. (на схеме поток 3).

В рамках Алгоритмов «умного» рабочего места предлагается внедрить «Правила трех нулей для рабочего места»:

1. Правило «Нулевого поиска»: расположение предметов не просто по системе 5S, а по частотно-весовому анализу (предметы, влияющие на точность размера, всегда находятся в «зоне золотого сечения» рук мастера).

2. Правило «Нулевого ожидания информации»: информация о качестве предыдущей операции должна поступать на рабочее место в режиме реального времени (визуализация темпа и брака).

3. Правило «Конструктивной защиты от ошибок» (Physical Poka-Yoke): разработка специальных ложементов, которые не позволяют положить деталь на рабочее место неправильно (геометрическая защита).

Предложена «Матрица взаимосвязи стандартов» – инструмент, который наглядно показывает, как стандарты разных уровней обеспечивают единообразие и влияют на ключевые аспекты рабочего места (таблица 5.4.1). Матрица демонстрирует научную новизну через системный подход к стандартизации.

Матрица представляет собой иерархическую систему связей (прямых и обратных), показывает, какие смежные стандарты нужно актуализировать при внедрении новых стандартов, позволяет проверить полноту и непротиворечивость связей, архитектуру связей для тиражирования.

Задачи обеспечения технологической локализации производства предприятий машиностроительной отрасли имеют приоритетное значение как для самих предприятий, так и для общества и страны в целом. Ключевой характеристикой производственных систем современных машиностроительных предприятий должно быть наличие гибкости в организации производства и управлении результатами производственной хозяйственной деятельности.

Цифровые технологии открывают принципиально новые возможности для организации производственных процессов на основе сетевой модели. Отличительной чертой сетевой модели организации производственных процессов от несетевой сводится к переходу от взаимодействия участников по принципу один со многими на взаимодействие участников по принципу многие со многими. В сетевой модели организации машиностроительного производства необходимо совершенствование, в том числе системы менеджмента качества.

Таблица 5.4.1 – Матрица взаимосвязи стандартов обеспечения единообразия на рабочем месте (предложена автором)

Уровень стандарта	Название стандарта	Что обеспечивает	Связь с вышестоящим уровнем	Связь с нижестоящим уровнем	Интегральный эффект
Уровень 1: Стратегический	СТО «Политика в области качества и Бережливого производства»	Целевое единообразие: единые стратегические КРІ для всех подразделений	Отсутствует (базовый уровень)	Задаёт требования для процессных стандартов (Ур.2)	Формирует культуру качества и непрерывных улучшений на всех уровнях
Уровень 2: Процессный	СТО «Организация рабочих мест по системе 5S»	Пространственное единообразие: унификация визуального контроля, зонирования, хранения	Декомпозирует политику качества в конкретные правила организации пространства	Определяет требования к разработке SOP (Ур.3)	Обеспечивает идентичность организации рабочих мест в разных цехах
Уровень 3: Операционный	СТО «Стандартизированная работа (SOP)»	Действенное единообразие: унификация последовательности операций и методов работы	Реализует принципы 5S в конкретных трудовых действиях	Формирует базу для контрольных чек-листов (Ур.4)	Гарантирует одинаковое выполнение операций разными сотрудниками
Уровень 4: Контрольно-аналитический	СТО «Аудит рабочих мест и чек-листы»	Оценочное единообразие: унификация критериев и методов оценки	Верифицирует соответствие SOP требованиям 5S и политике качества	Предоставляет обратную связь для актуализации всех вышестоящих стандартов	Исключает субъективность при оценке, создаёт цикл постоянных улучшений

Одним из основных элементов всей системы менеджмента качества является управление качеством рабочих мест. Это позволяет обеспечить высокий уровень производительности труда, снизить количество брака и повысить качество выпускаемой продукции.

Важно отметить, что сетевая модель организации производственных процессов, в представлении автора, представляет собой всеобъемлющую задачу сетевого объединения предприятий, входящих в машиностроительный

комплекс отдельного региона или страны в целом. Данная задача обусловлена природой проявления сетевых эффектов. Так, по вышеописанным законам величина сетевых эффектов напрямую зависит от количества участников сети.

Поскольку в задачи данной диссертации не входило исследование сетевых эффектов для машиностроения в целом, диссертантом решена задача обеспечения эффективного менеджмента качества при сетевой организации рабочих мест на машиностроительном производстве. Важным элементом сетевой организации рабочих мест стало применение предложенного набора принципов производственного менеджмента, релевантного возрастающим рискам, учитывающим технико-технологические и организационно-управленческие причины. Суть сетевой модели организации рабочих мест состоит в повышении вероятности выполнения и обеспечении качества заказов.

В связи с этим, непосредственно диссертантом на одном из крупных российских машиностроительных предприятий в рамках одного из производственных подразделений осуществлён эксперимент по переходу на сетевой формат организации рабочих мест и внедрение новых механизмов функционирования системы менеджмента качества в указанных условиях.

В качестве примера рассматривается производственное подразделение крупного российского машиностроительного предприятия. Подразделение производит изделие, состоящее из 5 узлов. Все узлы изготавливаются на разных участках, которые являются обособленными и имеют парк оборудования и персонал. Операции для изготовления узлов выполняются только на закреплённом для этого участке. Производственная программа составляет 100 изделий в месяц. Соответственно для выполнения производственной программы необходимо изготавливать 500 годных узлов.

Вероятность того, что каждый участок выполнит свой план вовремя, меньше 100%. Производственные планы участков представлены в таблице 5.4.2.

Таблица 5.4.2 –Производственный план участков при организации производства на одном предприятии (составлено автором)

Номер участка	Количество узлов, требуемых от участка
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100

Вероятности выполнения планов отдельных участков при организации производства на одном предприятии представлены в таблице 5.4.3.

Таблица 5.4.3 – Вероятность выполнения плана отдельными участками при организации производства на одном предприятии (составлено автором)

Номер производственного участка	Вероятность изготовления узлов в месяц		
	100 узлов	90 узлов	80 узлов
1	0,8	0,85	0,9
2	0,85	0,9	0,95
3	0,9	0,95	1
4	0,8	0,85	0,9
5	0,85	0,9	0,95

Важно отметить, что предприятие заинтересованно в обеспечении высокой вероятности выполнения плана производства всеми участками.

Общая вероятность выполнения плана по изготовлению определенного количества единиц продукции в месяц представлена в таблице 5.4.4.

Руководство предприятия не устраивает выполнение плана в 100 узлов на уровне 42%. В качестве решения предлагается рассмотреть возможность перехода на сетевую модель организации рабочих мест.

Таблица 5.4.4 – Общая вероятность выполнения плана по изготовлению определенного количества единиц продукции в месяц при организации производства на одном предприятии (составлено автором)

Количество узлов на производственном участке	Вероятность
100 узлов	0,42
90 узлов	0,56
80 узлов	0,73

Данная модель предусматривает организацию распределённых рабочих мест, находящихся на разных аналогичных по профилю предприятиях, каждый из которых получает заказ на небольшое количество деталей и имеет стандартное время выполнения заказа. Благодаря этому каждый участок может выполнить заказ вовремя. Предполагается, что теперь в производственном процессе будут задействованы не пять участков, а в пять раз больше, то есть 25. Соответственно требуемый объём на каждый участок снижается в пять раз. Автором доказано, что сетевая модель организации рабочих мест обеспечивает более высокую вероятность выполнения производственного плана по сравнению с несетевой моделью.

Производственные планы участков представлены в таблице 5.4.5.

Теперь каждой группе рабочих мест требуется изготовить по 20 узлов. В сумме план производства остался неизменным.

Таблица 5.4.5 – План производства участков при сетевой организации рабочих мест с привлечением мощностей других предприятий (составлено автором)

Номера производственных участков	Количество узлов, требуемых	
	от каждого участка	от группы участков
1.1 – 1.5	20	100
2.1 – 2.5	20	100
3.1 – 3.5	20	100
4.1 – 4.5	20	100
5.1 – 5.5	20	100

Сетевая модель организация рабочих мест может быть применена на любом крупном предприятии. Для эффективного внедрения данной модели необходимо наличие в планово-диспетчерском бюро соответствующего программного обеспечения. На рассматриваемом предприятии – это собственная разработка в виде корпоративной информационной системы. Важно отметить, что при цифровизации производственных процессов гибкость в сетевой организации рабочих мест возрастает. Оценка вероятности достижения целевых показателей по выполнению производственного задания представлена в таблице 5.4.6.

Таблица 5.4.6 – Вероятность выполнения плана производства при сетевой организации рабочих мест с привлечением мощностей других предприятий (составлено автором)

Номера производственных участков	Вероятность выполнения плана на каждом участке		
	100 узлов	90 узлов	80 узлов
1.1 – 1.5	0,88	0,9	0,95
2.1 – 2.5	0,91	0,95	0,98
3.1 – 3.5	0,96	1	1
4.1 – 4.5	0,9	0,92	0,96
5.1 – 5.5	0,95	0,96	0,98

Общая вероятность выполнения плана по изготовлению определенного количества узлов в месяц при сетевой организации рабочих мест представлена в таблице 5.4.7.

Таблица 5.4.7 – Общая вероятность выполнения плана по изготовлению определенного количества единиц продукции в месяц при сетевой организации рабочих мест с привлечением мощностей других предприятий (составлено автором)

Количество узлов на производственном участке	Вероятность
100 узлов	0,66
90 узлов	0,76
80 узлов	0,88

Сетевая организация производства повышает вероятность выполнения плана на 22%. Расчеты показывают, что при этой модели она пока не достигла 100%, следовательно, нужно искать дополнительные резервы роста.

В качестве варианта предлагается рассмотреть использование дробления периода выполнения заданий с месячного планирования на недельное планирование с плавным регулированием производства.

Таким образом, наряду с дроблением объёма производства предлагается оценить влияние дробления срока на вероятность выполнения производственного задания.

Количество узлов при переходе на недельное планирование производства представлено в таблицах 5.4.8 и 5.4.9.

Таблица 5.4.8 – Количество узлов, приходящееся на каждое рабочее место, при сетевой организации производства и дроблении периода планирования производства (составлено автором)

Номера производственных участков	Количество узлов, требуемых от каждого участка в неделю				Итого узлов в месяц, шт.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	
1.1 – 1.5	5	5	5	5	20
2.1 – 2.5	5	5	5	5	20
3.1 – 3.5	5	5	5	5	20
4.1 – 4.5	5	5	5	5	20
5.1 – 5.5	5	5	5	5	20
Итого	25	25	25	25	100

Таким образом, сокращение периода выполнения заказов обеспечивает мобилизацию усилий соответствующих рабочих мест.

Таблица 5.4.9 – Количество узлов от каждой группы участков при дроблении периода планирования производства (составлено автором)

Номера групп участков	Количество узлов, требуемых от группы участков в неделю				Итого узлов в месяц, шт.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	
1 (1.1 – 1.5)	25	25	25	25	100
2 (2.1 – 2.5)	25	25	25	25	100
3 (3.1 – 3.5)	25	25	25	25	100
4 (4.1 – 4.5)	25	25	25	25	100
5 (5.1 – 5.5)	25	25	25	25	100
Итого	125	125	125	125	500

План предполагает выпуск 20 узлов в месяц от каждого участка (таблица 5.4.10).

Таблица 5.4.10 – Фактическое количество узлов от каждого участка при равномерном недельном планировании производства (составлено автором)

	Количество узлов, требуемых от каждого участка в неделю				Итого узлов в месяц, шт.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	
План	5	5	5	5	20
Вероятность выполнения плана	0,88	0,88	0,88	0,88	-
Факт	4,4	4,4	4,4	4,4	17,6 (Готовых узлов 17)

Каждую неделю участок должен выдавать по 5 узлов. При равномерном распределении за месяц участок выдаст только 17 узлов, что меньше требуемого количества.

Любой план выполняется с определенной вероятностью, поэтому требуется изменять план на неделю в зависимости от достигнутых результатов. Результаты применения динамического недельного планирования представлены в таблице 5.4.11.

Таблица 5.4.11 – Фактическое количество узлов от каждого участка при динамическом недельном планировании производства (составлено автором)

	Количество узлов, требуемых от каждого участка в неделю				Итого узлов в месяц, шт.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	
План (с учетом вероятности выполнения)	5	7	6	5	23
Вероятность выполнения плана	0,88	0,88	0,88	0,88	-
Факт	4	7	5	4	20

Таким образом, рассмотренная модель системы менеджмента качества рабочих мест для машиностроительной отрасли на основе сетевой модели показала, что повышение вероятности выполнения производственного плана может быть обеспечено за счёт дробления объёма и дробления сроков.

Применение сетевой модели системы менеджмента качества позволяет вовлечь дополнительные производственные ресурсы и повысить эффективность производственной системы в целом, улучшить условия труда и обеспечить высокое качество выпускаемой продукции. Это способствует повышению конкурентоспособности предприятия и удовлетворённости сотрудников.

Таким образом, применение модели системы менеджмента качества является перспективным направлением для повышения эффективности работы предприятий машиностроительной отрасли.

Рассмотреть систему менеджмента качества рабочих мест для машиностроительной отрасли предложено на примере АО «Казанькомпрессормаш» (АО «Казанский завод компрессорного машиностроения» г. Казань, Россия),

которое является крупнейшим производителем компрессорного оборудования и полнокомплектных решений на базе компрессоров для разных секторов промышленности – энергетической сферы, металлургии, горнодобывающей промышленности, топливно-энергетического комплекса и др. Кроме того, АО «Казанькомпрессормаш» – сетевая структура, интегрированная в сфере научно-производственной деятельности с передовым научно-исследовательским и проектным институтом АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» [9].

В системе менеджмента качества АО «Казанькомпрессормаш» имеется ряд свидетельств и сертификатов. Основные свидетельства и сертификаты о качестве АО «Казанькомпрессормаш» представлены на рисунке 5.4.2.



Рисунок 5.4.2 – Состав свидетельств и сертификатов о качестве АО «Казанькомпрессормаш» (обобщено автором)

Для поддержания системы менеджмента качества рабочих мест в эффективном состоянии и с целью улучшения условий труда, на АО «Казанькомпрессормаш» ежемесячно проводится оценка условий труда. Было обследовано 2165 рабочих мест, на которых занято 2308 человек, из которых 755 (32,7%) – женщины, 35 человек (1,5%) – инвалиды. Распределение по классам условий труда было следующим:

- 958 работников – были заняты на рабочих местах, отнесенных к классу 2 (не превышает допустимые нормативы условий труда);

- 1032 работника – к классу 3.1 (действуют производственные факторы, при влиянии которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается);

- 290 работников – к классу 3.2 (действуют производственные факторы, уровни воздействия которых могут вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, ведущие к возникновению и последующему развитию начальных форм профессиональных заболеваний);

- 15 работников – к классу 3.3 (производственные факторы, уровни воздействия которых вызывают стойкие функциональные изменения в организме работника, ведущие к возникновению и последующему развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести);

- 13 работников – к классу 3.4 (производственные факторы, уровни воздействия которых вызывают стойкие функциональные изменения в организме работника, ведущие к возникновению и последующему развитию профессиональных заболеваний тяжелой формы).

Отсутствовали работники, занятые на рабочих местах, отнесенных к классу 4 условий труда, при котором на работника влияют производственные факторы, уровни воздействия которых вызывают стойкие функциональные изменения в организме работника, угрожающие жизни (рисунок 5.4.3).

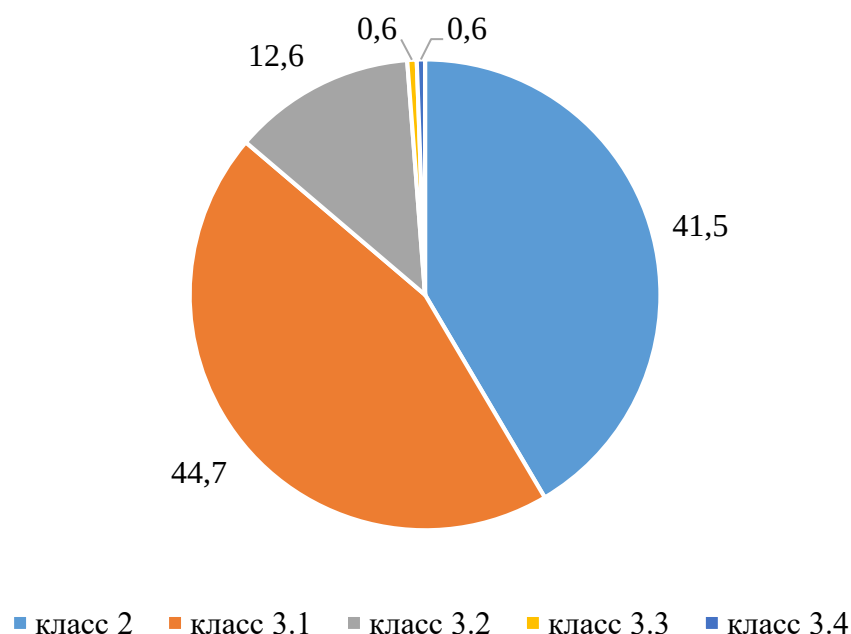


Рисунок 5.4.3 – Распределение работников по классам условий труда на рабочих местах (в процентах к итогу)
(составлено автором по данным источника [9])

На основном производстве среди подклассов условий труда были отмечены следующие:

- воздействие шума;
- воздействие световой среды;
- тяжесть трудового процесса.

Для оценки и развития системы менеджмента качества рабочих мест АО «Казанькомпрессормаш» представляется целесообразным распределить рабочие места по классам условий труда в зависимости от принадлежности к основному производству или вспомогательному производству (управлению). Фрагмент примера данного распределения представлен в таблице 5.4.12.

Таблица 5.4.12 – Фрагмент распределения рабочих мест по классам условий труда в зависимости от принадлежности к основному или вспомогательному производству (управлению) в АО «Казанькомпрессормаш» (составлено автором по данным источника [9])

Основное производство	Вспомогательное производство (управление)
<i>Стратегический аспект управления</i>	
	15000. Управление производством 28000. Планово-диспетчерский отдел 23000. Испытательная станция (управление) 23015. Испытательная станция Планово-распределительное бюро Технологическое бюро Группа механика 23215. Отдел проектирования и испытаний Производственно-техническая лаборатория (ШЕНК)
<i>118401. Механосборочный цех №1</i>	
Сборочный участок №26 Механический участок №1 Механический участок №12 Механический участок №13 Сборочный участок №62	Технологическое бюро
<i>22002. Котельно-сварочный цех №2</i>	
Участок трубопроводов Участок 16 Участок 49	Бюро Бюро ПРБ Технологическое бюро
<i>15004. Механический цех №4</i>	
Мелкотокарный участок Участок подшипников Участок станков с ЧПУ	Планово-распределительного бюро
<i>22006. Литейный цех №6</i>	
Кузнечнопрессовое производство Участок газорезки Участок гальваники Термический участок Смесеприготовительный участок Литейное производство Плавильно-заливочный участок Обрубный участок Формовочный участок	
<i>118408. Сборочный цех №8</i>	
Участок №7 сборочный Участок №8 сборочный Участок №9 автоматики Участок арматуры Участок упаковки Участок изготовления тары Участок малярки и упаковки	Планово-распределительное бюро Технологическое бюро

Использование данной структуры распределения рабочих мест может быть использовано при оценке качества организации рабочего места в зависимости от классов условий труда, поскольку основное производство и вспомогательное производство, а также органы управления имеют разный класс условий организации труда и в этой связи было бы полезным оценить качество рабочих мест на участке, принимая во внимание как входящие в его состав структурные подразделения основного производства, так и вспомогательные.

Для этих целей может быть использован балльно-рейтинговый метод, который даст возможность оценить качество организации рабочих мест в зависимости от класса условий труда, проследить их изменение в динамике, исходя из организационно-управленческих решений, которые принимаются для повышения качества организации условий труда работников на машиностроительном предприятии. Итоговый подкласс 2 условий труда будет иметь коэффициент 1, подкласс 3.1 – 2, подкласс 3.2 – 3, подкласс 3.3 – 4, подкласс 3.4 – 5.

Чем выше значение итогового индекса, тем больше класс опасности структурного подразделения, исходя из состава рабочих мест и количества работников, занятых на данном производстве. Кроме того, можно проводить диагностику структуры производственного подразделения в зависимости от подкласса опасности условий труда, количества занятых на рабочих местах работников, принадлежности к основному или вспомогательному производству (или структуре управления), отслеживать их изменение в динамике и использовать полученные данные для принятия управленческих решений по повышению качества организации рабочих мест и структурных подразделений в целом на промышленном предприятии.

Например, проведем расчет качества организации рабочих мест, исходя из класса условий труда для механосборочного цеха №1. В состав данного структурного подразделения входит 5 участков, которые относятся к основному производству и 1 отдел вспомогательного производства. Сведем данные об условиях организации рабочего места данного участка в таблицу 5.4.13.

Таблица 5.4.13 – Данные об условиях организации рабочего места механосборочного цеха №1 (составлено автором по данным источника: [9])

Структурное подразделение	Основное или вспомогательное производство (управление)	Подкласс условий труда	Коэффициент	Количество работников	Промежуточное значение	Итоговое значение
Сборочный участок №26	Основное	3.1	2	10	20	20
Механический участок №1	Основное	2	1	10	10	121
		3.1	2	54	108	
		3.2	3	1	3	
Механический участок №12	Основное	2	1	11	11	89
		3.1	2	39	78	
Механический участок №13	Основное	2	1	2	2	48
		3.1	2	23	46	
Сборочный участок №62	Основное	3.1	2	1	2	35
		3.2	3	11	33	
Технологическое бюро	Вспомогательное	2	1	5	5	7
		3.1	2	1	2	

Далее необходимо разработать для каждого подкласса опасности рабочего места систему мероприятий, способствующих снижению негативного воздействия на работника и повышению качества условий организации рабочего места. Например, для рассматриваемого механосборочного цеха №1, комплекс мероприятий может включать следующие основные рекомендации (таблица 5.4.14).

В машиностроении при внедрении 5S и организации рабочих мест часто допускаются следующие системные ошибки:

- «статичность» стандартов: рабочее место организуется один раз (проект), но не адаптируется под смену номенклатуры изделий (что критично для многономенклатурного машиностроения);
- разрыв между эргономикой и качеством: внимание уделяется удобству (снижению нагрузки), но не встраиванию механизмов предотвращения ошибок (Рока-Уоке) непосредственно в пространство рабочего места;

- отсутствие «информационной чистоты»: работник перегружен бумажными чертежами и инструкциями, которые не актуализированы или трудночитаемы, что ведет к дефектам;
- формальный подход к 5S: инструменты лежат на своих местах («тени» на досках), но логика их расположения не учитывает микродвижения (экономия движений по Гилбрету) и влияние на точность операций.

Таблица 5.4.14 – Динамическая модель адаптивного рабочего места с контуром самодиагностики качества (фрагмент) (предложена автором)

Рабочее место	Мероприятие	Цель реализации	Инструмент реализации	Эффект	Инновационный компонент
Мастер по оснастке	Перепроектирование рабочего пространства для смены положения тела (чередовать стоячие и сидячие нагрузки)	Снижение физической нагрузки	Интеллектуальный 5S с применением машинного зрения для контроля комплектности	Повышение производительности труда, повышение эффективности использования оборудования	Эргономичный 5S с компьютерным зрением: автоматическое распознавание нарушений компоновки рабочего места и формирование рекомендаций по эргономике в реальном времени
Токарь-расточник 5 разряда (корпусный участок)	Соблюдение графика распорядка дня, чередование регламентированных перерывов и физической активности в процессе производства	Снижение физической нагрузки	Биомеханический анализ движений для минимизации микродефектов	Повышение производительности труда	Превентивная биомеханика: система носимых датчиков (IMU) с ИИ-анализом кинематики движений, предупреждающая о накоплении усталости и риске микротравм до их возникновения
Обрубщик, занятый обработкой литых и сварных изделий абразивными кругами и пневмоинструментом 4 разряда	Организация рационального чередования времени трудовой деятельности и перерывов на отдых	Снижение времени воздействия вибрации	Биомеханический анализ движений для минимизации микродефектов	Повышение производительности труда	Адаптивный виброконтроль: персонализированный алгоритм расчета режима труда и отдыха на основе накопленных данных о вибрационной нагрузке с обратной связью через smart-часы
Машинист крана 6 разряда	Использование средств звукопоглощения	Снижение уровня шума	Интеллектуальный 5S с применением машинного зрения для контроля комплектности, логистические технологии Pick-by-voice	Повышение производительности труда, повышение эффективности использования активов внутри производственной логистики	Мультимодальный интерфейс оператора: комбинирование голосового управления (Pick-by-voice с шумоподавлением) и AR-интерфейса с проекцией данных на остекление кабины крана

Таким образом, представленный комплекс мероприятий по улучшению качества организации рабочих мест на примере машиностроительного предприятия АО «Казанькомпрессормаш» позволяет достигать таких эффектов, как рост производительности труда, повышение эффективности использования оборудования, повышение эффективности использования активов внутри-производственной логистики и др., и, как следствие, увеличение общей эффективности работы предприятия за счет качественной организации рабочих мест.

5.5 Выводы по главе

1. Определены принципы построения модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства, разработана структура данной модели, рассмотрен процесс производства импортозамещающей продукции при обеспечении технологической локализации производства, предложен подход для оценки эффективности модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства.

2. Разработана методика оценки эффективности реализации модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок при обеспечении технологической локализации производства, в соответствии с которой выделены 6 основных блоков для оценки эффективности модели ИСМ ЦП. Разработаны ключевые показатели эффективности модели ИСМ ЦП, отражающие различные аспекты процесса импортозамещения, включая качество продукции, сроки реализации, затраты, технологическую зависимость и др. Предложена методика расчета интегрального показателя эффективности модели ИСМ ЦП.

3. Разработанный инструментарий интегральной оценки качества проекта технологической локализации производства способствует повышению конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции за

счет стимулирования кооперированных предприятий к непрерывному совершенствованию характеристик выпускаемых изделий, оптимизации издержек и своевременной идентификации зон, требующих корректирующих воздействий.

6 ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

6.1 Оценка уровня организации производства сложного машиностроительного оборудования

Введение режима международных санкций с 2014 года, а также последующая эскалация геополитической напряженности в 2022 году, инициировали системные вызовы для национальной экономики. Ключевой уязвимостью стала высокая импортозависимость машиностроительного комплекса, обусловленная преобладанием зарубежных компонентов и технологий в производственных циклах. В качестве превентивных мер Правительством Российской Федерации была инициирована реализация комплексных программ импортозамещения, охватывающих стратегически значимые секторы: агропромышленный комплекс, энергетику, автомобилестроение и оборонно-промышленный комплекс [41].

Анализ опыта импортозамещения в различных сегментах машиностроительной отрасли выявил ряд показательных примеров, демонстрирующих потенциал отечественного производства:

1. Агропромышленное машиностроение:

Отечественные производители, такие как «Ростсельмаш», осуществили глубокую локализацию производства сельскохозяйственной техники. Это привело к увеличению объемов выпуска, модернизации существующих моделей, внедрению инновационных технологий и повышению доступности высококачественного оборудования для аграрного сектора.

2. Автомобилестроение:

Предприятия автомобильной промышленности, включая «АвтоВАЗ», успешно реализовали проекты по локализации критически важных узлов (в том числе двигателей, трансмиссий), что способствовало оптимизации производственных издержек и генерации новых рабочих мест в регионах. Разработка новых моделей автомобилей с использованием отечественных технологий также способствовала росту потребительского спроса.

3. Энергетическое машиностроение:

Компании «Силовые машины» и «Турбоатом» освоили выпуск отечественных турбин и генераторов, укрепив энергетическую безопасность и снизив зависимость от зарубежных поставщиков. Модернизация существующего парка оборудования дополнительно способствовала повышению операционной эффективности энергетических систем.

4. Станкостроение:

Отечественные производители («Уралмаш», «Станкомаш») успешно освоили выпуск высокотехнологичных станков с числовым программным управлением (ЧПУ), что обеспечило замещение импортных аналогов и выход на конкурентные позиции на внутреннем и экспортном рынках.

5. Авиастроение:

В рамках программы импортозамещения в авиастроительной отрасли реализованы проекты по созданию новых моделей самолетов (например, МС-21), посредством разработки и внедрения отечественных компонентов и систем управления, что привело к снижению технологической зависимости от зарубежных производителей.

6. Космическое машиностроение:

Госкорпорация «Роскосмос» активно осуществляет разработку и производство ракетных двигателей на основе отечественных технологий (например, РД-180), обеспечивая стабильность и независимость космических программ.

7. Металлургия и металлообработка:

Внедрение передовых технологий (включая аддитивные технологии и 3D-печать) в металлургическом комплексе и металлообработке позволило отечественным предприятиям освоить производство критически важных компонентов для различных отраслей, сократить производственные издержки и интенсифицировать циклы разработки новых продуктов.

8. Насосное оборудование:

Ряд российских предприятий, например, «НПО Гидравлика», наладили производство насосного оборудования для нефтегазовой отрасли, что способствовало снижению эксплуатационных затрат и повышению надежности логистических цепочек [42].

Таким образом, накопленный опыт импортозамещения в машиностроительном комплексе Российской Федерации свидетельствует о существенных достижениях в укреплении технологической независимости и обеспечении устойчивого экономического развития. Дальнейшее масштабирование данной стратегии требует поддержки со стороны государства, целевых инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также развития механизмов государственно-частного партнерства.

Рассмотрим проект технологической локализации производства в компрессоростроении на примере АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа».

Концептуальной основой данного проекта является системная оптимизация функционирующих цепей поставок и развитие интегрированной системы управления.

АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» в последние годы активно развивает компетенции в области реинжиниринга. Основной задачей данной деятельности является создание полнофункциональных отечественных аналогов зарубежных технических изделий, включая вышедшие из строя узлы или их усовершенствованные версии. Это включает разработку и производство запасных частей для импортных компрессорных агрегатов, соответствующих по качеству и надежности оригинальным комплектующим.

В период 2024–2025 гг. на базе АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» были разработаны и изготовлены пять сменных проточных частей для интеграции в корпуса компрессоров производства США. В качестве примера можно привести СПЧ-53/17-80, предназначенную для компрессора высокого давления модели N C3368HEL-0105 (США), используемого в компрессорной установке Mars-100 для компримирования попутного нефтяного газа. Главной особенностью разработанной СПЧ является ее полная конструктивная и функциональная совместимость с исходным оборудованием: спроектированная в соответствии с техническим заданием заказчика, она интегрируется без дополнительных доработок на штатное место оригинальной СПЧ с использованием стандартных торцевых уплотнений. Одновременно с СПЧ-53/17-80 были разработаны и изготовлены сопутствующие подшипники скольжения. Принципиальным преимуществом разработанной конструкции перед оригинальной является возможность проведения полного технического обслуживания и плановых ремонтов проточной части в условиях эксплуатации.

Основной целью данной разработки является обеспечение поставок сменных проточных частей для компрессоров низкого (модель N C61ML07MAS-0514) и высокого (модель N C3368HEL-0105) давления. Эти компоненты предназначены для последующего монтажа, пусконаладочных работ и эксплуатации в существующие корпуса и вспомогательные системы газоперекачивающего агрегата ГПА-3 Mars-100 без необходимости их доработки.

Процесс создания и поставки сменных проточных частей компрессора высокого давления N C3368HEL-0105 (ГПА-3 Mars-100) включает следующие этапы:

1. Оценка текущего функционирования компрессорных агрегатов моделей N C61ML07MAS-0514 и N C3368HEL-0105:

Проведение компаративного анализа эксплуатационных параметров агрегатов с проектными характеристиками (132-1-0-235, 235_1-ТХ) и результатами пусконаладочных работ.

2. Разработка конструкторской и технологической документации:

2.1 Осуществление эскизного проектирования элементов сменных проточных частей на основе натурного обследования без демонтажа, включая сопряженные подшипники скольжения и сухие газодинамические уплотнения. Для создания 3D-моделей деталей использовалось высокоточное 3D-сканирование, что обеспечивает высокую точность воспроизведения геометрии сложных компонентов.

Параллельно с использованием цифровых методов сбора данных, проводились прецизионные ручные инструментальные измерения. В рамках данного этапа применялись следующие стандартизированные средства измерения: штангенциркули в диапазонах 0–150 мм, 150–250 мм, 0–1000 мм; наборы микрометров (0–150 мм, 150–300 мм); измерительная линейка 1–500 мм; глубиномеры метрические; уголомеры нониусные, а также наборы нутромеров. Данный комплекс измерений обеспечил необходимую точность для разработки КД.

2.2 Подготовка полного комплекта КД и ТД, предназначенной для изготовления сменных проточных частей, с учетом специфических условий эксплуатации, детально изложенных в техническом задании.

3. Изготовление сменных проточных частей и доставка:

Производственный цикл СПЧ-53/17-80 был реализован силами АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа». Для интенсификации процессов механической обработки и обеспечения необходимого уровня качества были привлечены специализированные сторонние организации, включая: ООО «Инструментальный завод», ООО «Машиностроитель», ООО «Спецдеталь» и АО «Казанькомпрессормаш». Готовые изделия были доставлены на площадку ООО «Южно-Приобского ГПЗ».

4. Монтаж, пусконаладочные работы и испытания:

Осуществление монтажа разработанных СПЧ, проведение комплекса пусконаладочных работ, за которыми последовали 72-часовые квалификационные испытания. По их результатам был осуществлен ввод оборудования в промышленную эксплуатацию».

В качестве примера рассмотрим зависимость от импортных поставок производства компрессора N за период с 2019 по 2025 годы (рисунок 6.1.1).

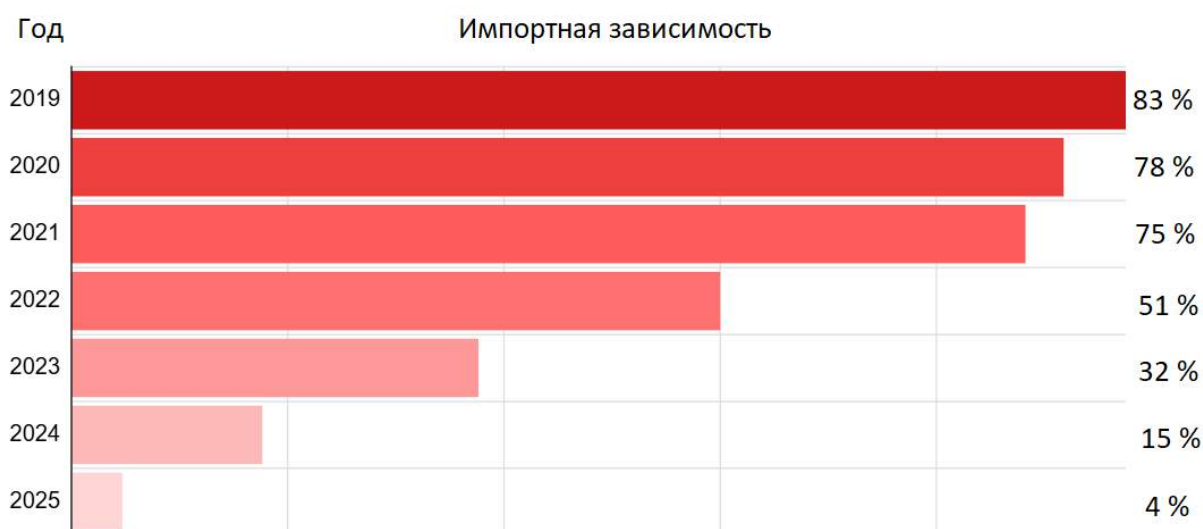


Рисунок 6.1.1 – Зависимость от импортных поставок производства компрессора N (построено автором)

Согласно результатам ретроспективного анализа структуры материально-технического обеспечения (рис. 6.1.1), уровень импортозависимости при производстве компрессорного оборудования модели N за период 2019–2025 гг. продемонстрировал устойчивую динамику снижения: с исходных 83% до 4%. Процесс замещения импортных технологий и компонентов проходил в несколько последовательных этапов:

1. Этап I (2019–2021 гг.): Период критической импортозависимости.

Характеризовался высокой уязвимостью производственного цикла (доля импорта в структуре изделия составляла 75–83%), обусловленной безальтернативным использованием зарубежного инжиниринга, материалов и комплектующих изделий, поставляемых преимущественно из США и Германии.

2. Этап II (2022 г.): Экстренная диверсификация цепочек поставок.

В ответ на введение жестких внешнеэкономических санкций был осуществлен оперативный переход на альтернативные каналы материально-технического обеспечения и замещение критических компонентов аналогами из Китайской Народной Республики.

3. Этап III (2023–2024 гг.): Развертывание собственного производства и импортозамещение электронных компонентов.

Данный этап ознаменован запуском собственных технологических линий по выпуску ключевых узлов роторных групп и подшипниковых опор на отечественных мощностях. Параллельно была проведена глубокая конверсия электронных систем управления с замещением зарубежной аппаратной части российскими аналогами.

4. Этап IV (2025 г.): Стабилизация и достижение высокого уровня локализации.

Достигнут целевой уровень локализации производства, при котором доля отечественных компонентов и материалов составила 96% в структуре материалоемкости изделия.

По состоянию на II квартал 2025 года, как следует из рис. 6.1.2, кумулятивная доля локализованных компонентов при производстве компрессора модели N достигла 96%.

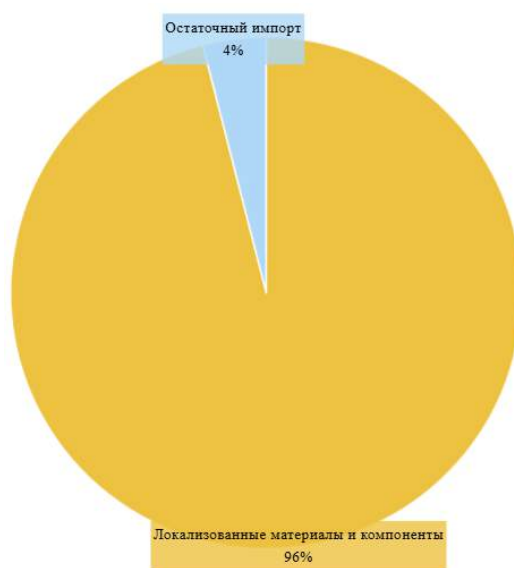


Рисунок 6.1.2 – Круговая диаграмма импортозамещения компрессора N по состоянию на 2 квартал 2025 года (построено автором)

Детальный структурно-компонентный анализ замещенной части материально-технической базы позволил классифицировать элементы по четырем основным группам:

1. Конструкционные материалы (29%): высокопрочные титановые сплавы, специализированные алюминиевые литейные сплавы, а также антифрикционные покрытия элементов трения подшипниковых узлов;
2. Вспомогательные материалы (11%): фильтрующие элементы систем очистки газа и смазки, специализированные промышленные лакокрасочные покрытия и герметизирующие составы высокого давления;
3. Механические компоненты и сборочные узлы (39%): роторные группы в сборе, системы лабиринтных и торцевых уплотнений, прецизионные подшипниковые узлы, а также исполнительные приводы регулирующей арматуры (клапанов);
4. Электронные компоненты и системы автоматизации (17%): пьезоэлектрические и электродинамические датчики вибрации, программируемые логические контроллеры систем автоматического управления.

Остаточный импорт в производстве компрессора модели N на мощностях АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» по состоянию на 2025 год локализован в пределах 4% и представлен следующими дефицитными позициями:

1. Специализированные материалы (2%): жаропрочные и коррозионно-стойкие сплавы на никель-кобальтовой основе, функциональные керамические покрытия рабочих лопаток.
2. Прецизионная электронная компонентная база (1%): высокоточные датчики давления и температуры специального исполнения.
3. Технологическая оснастка и высокоточный инструмент (1%): элементы измерительного и обрабатывающего оборудования.

Анализ структуры остаточного импорта показывает, что наибольший удельный вес (2%) приходится на уникальные металлургические сплавы, ключевыми поставщиками которых в настоящее время выступают металлургические холдинги КНР (в частности, Sinosteel и CISRI). В то же время преобладающую долю в локализованном сегменте занимают механические компоненты (39%), определяющие надежность и общую работоспособность компрессорной установки.

6.2 Практическая реализация модели интегрированной системы менеджмента в цепях поставок в рамках объекта исследования

В целях систематизации полученных результатов и обеспечения долгосрочной стабильности технологических процессов локализации, в данном параграфе рассматривается практическое внедрение разработанной модели ИСМ ЦП.

В рамках реализации проектов технологической локализации производства для АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» ключевое значение имеет выявление и систематизация факторов, обеспечивающих производство высококачественной импортозамещающей продукции. Применение диаграммы Исикавы позволяет наглядно представить и проанализировать пять основных категорий влияющих факторов: материалы; персонал; методы; оборудование; управление.

На рисунке 6.2.1 представлена диаграмма Исикавы для АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа». Цель процесса – производство высококачественной импортозамещающей продукции.

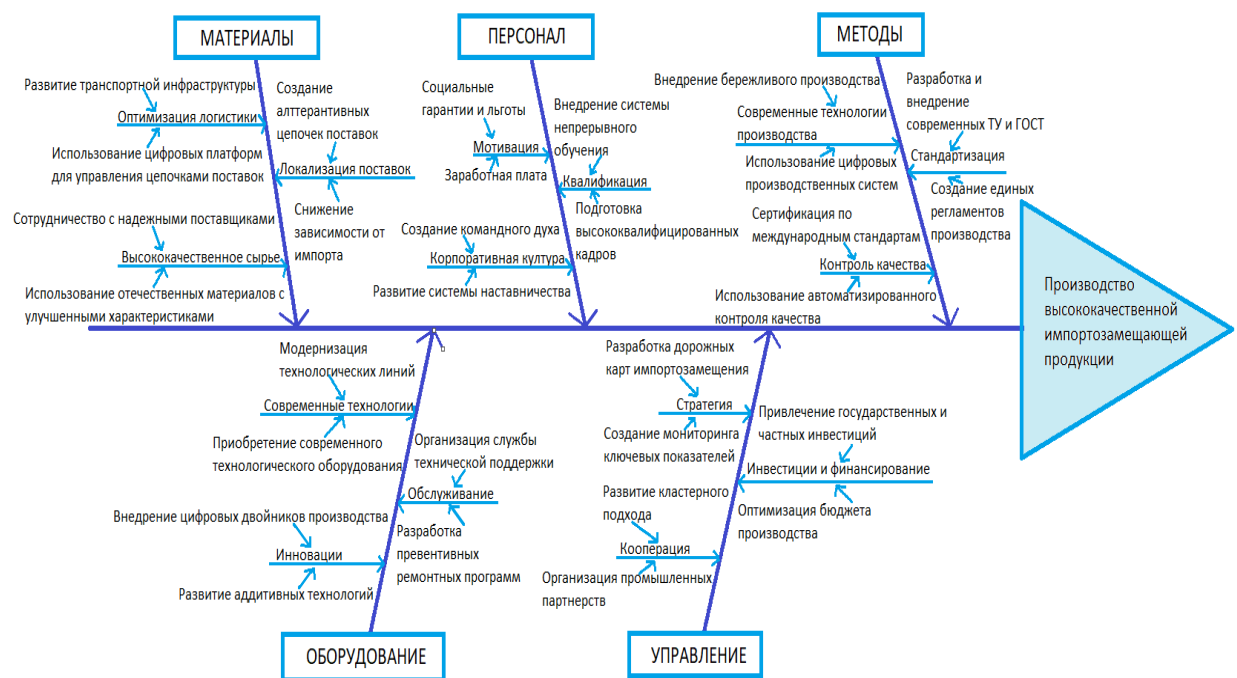


Рисунок 6.2.1 – Диаграмма Исикавы (построена автором)

На рисунке 6.2.1 видно, как структурированный подход обеспечивает комплексное понимание производственной системы, что способствует выработке эффективных решений для повышения качества продукции и достижения технологической независимости предприятия.

Реализация проекта требует четкого распределения зон ответственности, координации между подразделениями и контроля выполнения ключевых этапов. Для этого предлагается комплекс мероприятий, структурированный с помощью дорожки процессов, который наглядно отображает роли участников и последовательность действий (рисунок 6.2.2).

	Управляющий директор	Бухгалтерия	Группа информационных технологий	Группа по работе с персоналом	Отдел снабжения, кооперации и комплектации	Отдел качества и технического контроля	Отделение технологических инноваций и импортозамещения	Научно-технический центр, конструкторские отделы	ИТОГ ЭТАПА
Анализ и планирование	Определение приоритетных направлений	Оценка бюджета	Анализ ПО	-	Анализ рынка поставщиков	Анализ базовых требований и стандартов	Анализ технологических возможностей и ограничений	Оценка производственных мощностей	Программа импортозамещения
Разработка технологий и КД	Утверждение ТЗ	Финансирование НИОКР	Конструкторские программы	Набор команды	Пробные закупки	Контроль ТЗ	Локализация критичных узлов	Создание прототипов	Чертежи и ТУ
Подготовка кадров	Утверждение штата	ФОТ	Автоматизация кадров	Обучение	-	Аттестация	Программы переподготовки	-	Готовая команда
Снабжение и кооперация	Контроль контрактов	Оптимизация затрат	Программы для поставок	-	Договоры, поставки	Входной контроль	Альтернативные цепочки	Проверка материалов	Гарантированные поставки
Производство и локализация	График выпуска	Калькуляция себестоимости	Цифровое управление цехом	Мотивация	Обеспечение сырьем	Контроль на линии	Адаптация и оптимизация технологий под локализацию	Выпуск продукции	Готовая продукция
Оценка результатов ИЗ	Приемка	Окупаемость	Цифровой мониторинг	-	Аудит поставщиков	Сертификация	Корректировки	Испытания	Продукция на рынке

Рисунок 6.2.2 – Дорожки процессов (построено автором)

Дорожка процессов визуализирует этапы реализации модели ИСМ ЦП при обеспечении технологической локализации производства с распределением зон ответственности между структурными подразделениями предприятия.

По горизонтали представлены структурные подразделения АО «НИИ-турбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа»:

- управляющий директор;
- бухгалтерия;
- группа информационных технологий;
- группа работы с персоналом;
- отдел снабжения, кооперации и комплектации;
- отдел качества и технического контроля;

- отделение технологических инноваций и импортозамещения;
- научно-технический центр, конструкторские отделы.

По вертикали перечислена последовательность мероприятий по внедрению модели ИСМ ЦП:

- анализ и планирование;
- разработка технологий и конструкторской документации;
- подготовка кадров;
- снабжение и кооперация;
- производство и локализация;
- оценка результатов импортозамещения.

Предложенный комплекс мероприятий обеспечивает системный подход к обеспечению технологической локализации производства, минимизируя риски за счет четкого распределения ролей.

Таким образом, разработанный комплекс мероприятий по внедрению модели ИСМ ЦП при обеспечении технологической локализации производства с использованием дорожек процессов обеспечивает четкое распределение обязанностей между подразделениями и наглядное отображение этапов работ. Применение дорожек процессов позволило систематизировать процесс от анализа до выхода импортозамещающей продукции на рынок. Данный подход минимизирует риски перехода на отечественные аналоги и оптимизирует бизнес-процессы предприятия.

6.3 Характеристика уровня достигнутых результатов по ключевым показателям эффективности

В данном разделе представлена комплексная оценка эффективности пилотного проекта по импортозамещению, реализованного в АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа».

Оценим эффективность 6 ключевых блоков в рамках модели ИСМ ЦП обеспечения технологической локализации производства через анализ их целевых показателей.

Для комплексной оценки эффективности внедрения проектов технологической локализации производства предлагается 5-уровневая шкала с четкими критериями по каждому диапазону.

- 1) неудовлетворительная эффективность (1-20%);
- 2) низкая эффективность (21-40%);
- 3) средняя эффективность (41-60%);
- 4) высокая эффективность (61-80%);
- 5) наивысшая эффективность (81-100%).

Рассчитаем индексы эффективности для каждого блока.

Рассчитаем индекс эффективности для блока «Анализ и планирование» (таблица 6.3.1).

Таблица 6.3.1– Блок «Анализ и планирование»

№ п/п	Показатель	Значения показателей	Обозначения
1	Доля импортных комплектующих, материалов и оборудования в себестоимости продукции	0,2	F ₁
2	Оценка технологического уровня отечественных аналогов	0,9	F ₂
3	Инвестиционное обеспечение проекта импортозамещения	0,8	F ₃
4	Оценка готовности предприятий – участников в цепи поставок	0,7	F ₄
5	Сравнительная оценка стоимости отечественных комплектующих и материалов с импортными аналогами	0,9	F ₅
6	Оценка степени зависимости от импорта	0,8	F ₆
7	Своевременность разработки плана проекта импортозамещения	0,8	F ₇
8	Своевременность корректировки плана проекта импортозамещения	0,7	F ₈

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таблицы 6.3.2.

Таблица 6.3.2 – Весовые коэффициенты показателей блока «Анализ и планирование»

	Показатели							
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈
Значение веса	0,20	0,18	0,12	0,12	0,10	0,10	0,11	0,07

Индекс эффективности блока «Анализ и планирование» рассчитываем по формуле 5.1 (A₁):

$$A_1 = 0,20 \times (1 - 0,2) + 0,18 \times 0,9 + 0,12 \times 0,8 + 0,12 \times 0,7 + 0,10 \times 0,9 + 0,10 \times 0,8 + 0,11 \times 0,8 + 0,07 \times 0,7 = 0,81;$$

$$0,81 \times 100\% = 81\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в размере 81% относится к 5 уровню - наивысшей эффективности.

Рассчитаем индекс эффективности для блока Блок «НИОКР и технологическое развитие» (таблица 6.3.3).

Таблица 6.3.3 – Блок «НИОКР и технологическое развитие»

№ п/п	Показатель	Значения показателей	Обозначения
1	Своевременность финансирования НИОКР в полном объеме в соответствии с плановыми показателями	0,8	T ₁
2	Доля разработанных новых технологий и материалов	0,7	T ₂
3	Выполнение плана по патентованию	0,7	T ₃
4	Доля инновационной продукции в общем объеме производства	0,8	T ₄
5	Эффективность технологических инвестиций	0,7	T ₅
6	Технологическая готовность новых разработок	0,8	T ₆
7	Своевременность вывода новых технологий и материалов в производство	0,8	T ₆

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таблицы 6.3.4.

Таблица 6.3.4 – Весовые коэффициенты показателей блока «НИОКР и технологическое развитие»

	Показатели						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
Значение веса	0,15	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,15

Индекс эффективности блока «Анализ и планирование» рассчитываем по формуле 5.2 (A₂):

$$A_2 = 0,15 \times 0,8 + 0,20 \times 0,7 + 0,10 \times 0,7 + 0,20 \times 0,8 + 0,10 \times 0,7 + 0,10 \times 0,8 + 0,15 \times 0,8 = 0,76;$$

$$0,76 \times 100\% = 76\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в размере 76% относится к 4 уровню – высокой эффективности.

Рассчитаем индекс эффективности для блока Блок «Подготовка кадров» (таблица 6.3.5).

Таблица 6.3.5 – Блок «Подготовка кадров»

№ п/п	Показатель	Значения показателей	Обозначения
1	Доля сотрудников, прошедшего переподготовку и повышение квалификации	0,8	C ₁
2	Наличие необходимых компетенций у персонала, прошедших переподготовку и повышение квалификации	0,6	C ₂
3	Соответствие программ обучения потребностям производства	0,7	C ₃
4	Финансирование обучения	0,9	C ₄
5	Текучесть кадров	0,1	C ₅

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таблицы 6.3.6.

Таблица 6.3.6 – Весовые коэффициенты показателей блока «Подготовка кадров»

	Показатели				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
Значение веса	0,25	0,25	0,20	0,15	0,15

Индекс эффективности блока «Подготовка кадров» рассчитываем по формуле 5.3 (A₃):

$$A_3 = 0,25 \times 0,8 + 0,25 \times 0,6 + 0,20 \times 0,7 + 0,15 \times 0,9 + 0,15 \times (1 - 0,1) = 0,76;$$

$$0,76 \times 100\% = 76\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в размере 76% относится к 4 уровню – высокой эффективности.

Рассчитаем индекс эффективности для блока Блок «Снабжение и кооперация» (таблица 6.3.7).

Таблица 6.3.7 – Блок «Снабжение и кооперация»

№ п/п	Показатель	Значения показателей	Обозначения
1	Доля отечественных поставщиков в общем объеме закупок	0,8	B ₁
2	Доля заключенных договоров с отечественными поставщиками	0,8	B ₂
3	Надежность поставок	0,7	B ₃
4	Оценка уровня запасов сырья и комплектующих	0,7	B ₄
5	Кооперационная интеграция	0,6	B ₅
6	Оценка качества импортозамещающих материалов и комплектующих	0,9	B ₆
7	Оперативность логистики	0,6	B ₇
8	Инвестиционная активность	0,7	B ₈

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таблицы 6.3.8.

Таблица 6.3.8 – Весовые коэффициенты показателей блока «Снабжение и ко-операция»

	Показатели							
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈
Значение веса	0,20	0,12	0,17	0,10	0,08	0,18	0,09	0,06

Индекс эффективности блока «Снабжение и кооперация» рассчитываем по формуле 5.4 (A₄):

$$A_4 = 0,20 \times 0,8 + 0,12 \times 0,8 + 0,17 \times 0,7 + 0,10 \times 0,7 + 0,08 \times 0,6 + 0,18 \times 0,9 + 0,09 \times 0,6 + 0,06 \times 0,7 = 0,75;$$

$$0,75 \times 100\% = 75\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в раз-мере 75% относится к 4 уровню – высокой эффективности.

Рассчитаем индекс эффективности для блока Блок «Производство и ло-кализация» (таблица 6.3.9).

Таблица 6.3.9 – Блок «Производство и локализация»

№ п/п	Показатель	Значения пока-зателей	Обозначе-ния
1	Доля локализованных материалов и компонентов в общем объеме	0,8	P ₁
2	Доля локализованной производственной инфра-структуры	0,8	P ₂
3	Скорость адаптации производства к локализован-ным материалам и комплектующим	0,8	P ₃
4	Эффективность от внедрения программы БП	0,8	P ₄
5	Производительность труда	0,7	P ₅
6	Рентабельность импортозамещенной продукции	0,2	P ₆
7	Рентабельность производства	0,1	P ₇

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таб-лицы 6.3.10.

Таблица 6.3.10 – Весовые коэффициенты показателей блока «Производство и локализация»

	Показатели						
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
Значение веса	0,21	0,15	0,10	0,10	0,20	0,12	0,12

Индекс эффективности блока «Производство и локализация» рассчитываем по формуле 5.5 (A₅):

$$A_5 = 0,21 \times 0,8 + 0,15 \times 0,8 + 0,10 \times 0,8 + 0,10 \times 0,8 + 0,20 \times 0,7 + 0,12 \times 0,2 + 0,12 \times 0,1 = 0,62;$$

$$0,62 \times 100\% = 62\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в размере 62% относится к 4 уровню – высокой эффективности.

Рассчитаем индекс эффективности для блока Блок «Оценка качества продукции и конкурентоспособности» (таблица 6.3.11).

Таблица 6.3.11 - Блок «Оценка качества продукции и конкурентоспособности»

№ п/п	Показатель	Значения показателей	Обозначения
1	Своевременность реализации проекта импортозамещения	0,8	D ₁
2	Степень достижения плановых показателей проекта	0,8	D ₂
3	Степень удовлетворенности потребителей	0,8	D ₃
4	Оценка уровня бездефектности импортозамещающей продукции	0,8	D ₄
5	Эффективность затрат на обеспечение качества	0,7	D ₅
6	Степень стандартизации работ при реализации проекта импортозамещения	0,7	D ₆
7	Доля внутреннего рынка, занимаемого импортозамещающей продукцией	0,7	D ₇
8	Экспортная активность	0,5	D ₈
9	Сравнительная оценка стоимости импортозамещающей продукции со стоимостью импортных аналогов	0,8	D ₉
10	Степень соответствия продукции международным стандартам	1,0	D ₁₀

Приведем весовые коэффициенты показателей данного блока в виде таблицы 6.3.12.

Таблица 6.3.12 – Весовые коэффициенты показателей блока «Оценка качества продукции и конкурентоспособности»

	Показатели									
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
Весовые коэффициенты	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀
Значение веса	0,07	0,10	0,13	0,10	0,06	0,07	0,17	0,07	0,10	0,13

Индекс эффективности блока «Оценка качества продукции и конкурентоспособности» рассчитываем по формуле 5.6 (A₆):

$$A_6 = 0,07 \times 0,8 + 0,10 \times 0,8 + 0,13 \times 0,8 + 0,10 \times 0,8 + 0,06 \times 0,7 + 0,07 \times 0,7 + 0,17 \times 0,7 + 0,07 \times 0,5 + 0,10 \times 0,8 + 0,13 \times 1,0 = 0,76;$$

$$0,76 \times 100\% = 76\%.$$

Согласно оценочной шкале, рассчитанный индекс эффективности в размере 76% относится к 4 уровню - высокой эффективности.

На рисунке 6.3.1 представлены значения эффективности каждого блока (%).

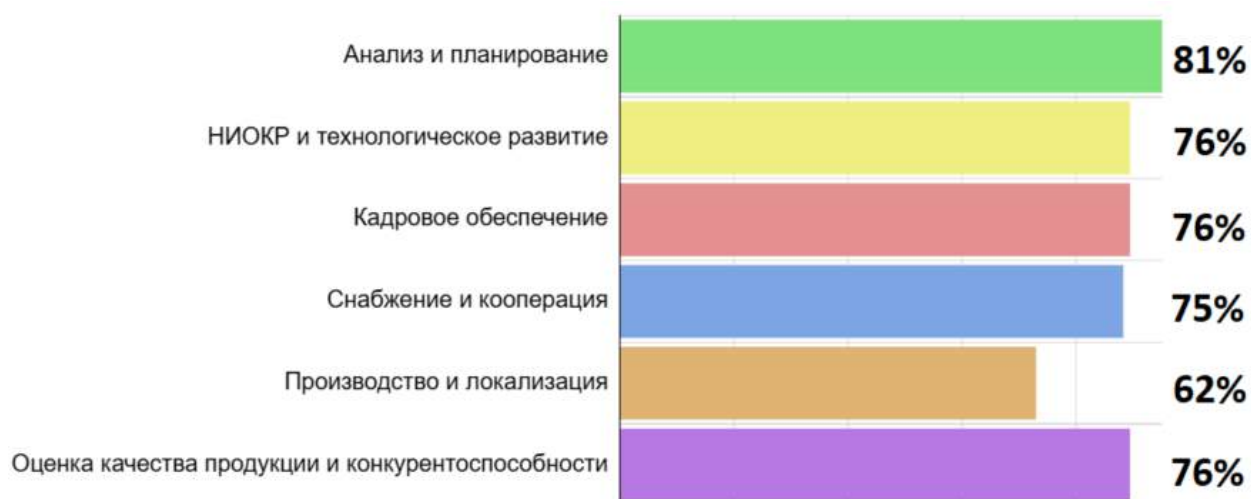


Рисунок 6.3.1 – Эффективность блоков в рамках модели ИСМ ЦП (%)

Как видно из рисунка 6.3.1, наибольшую эффективность имеет блок «Анализ и планирование» (81%), наименьшую блок «Производство и локализация» (62%).

Рассчитаем эффективность модели ИСМ ЦП (I) для АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа», включающую 6 блоков, по формуле 5.7.

Весовые коэффициенты показателей блока приведены в таблице 6.3.13. Их сумма должна равняться 1.

Таблица 6.3.13 – Весовые коэффициенты показателей блока

	Блоки оценки эффективности импортозамещения					
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
Весовые коэффициенты	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
Значение веса	0,15	0,18	0,11	0,25	0,22	0,09

Рассчитаем эффективность модели ИСМ ЦП для АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» по формуле 3.7:

$$I = 0,15 \times 0,81 + 0,18 \times 0,76 + 0,11 \times 0,76 + 0,25 \times 0,75 + 0,22 \times 0,62 + 0,09 \times 0,76 = 0,73;$$

$$0,73 \times 100\% = 73\%.$$

Определим уровень эффективности модели ИСМ ЦП, соотнеся между собой эффективность внедрения (%) и качество выпускаемой продукции (таблица 6.3.14).

Результаты реализации пилотного проекта по импортозамещению в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» показали общий уровень эффективности 73%, что, согласно приведенной оценочной шкале, соответствует уровню высокой эффективности (4-й уровень из 5 возможных). Следовательно, качество продукции стабильно высокое, имеются редкие случаи брака.

Таблица 6.3.14 – Уровни эффективности модели ИСМ ЦП (фокусного предприятия в рамках ИСМ ЦП)

Уровень	Диапазон эффективности (%)	Эффективность	Качество продукции
1	1-20	Неудовлетворительная	Качество низкое, высокий процент брака, частые рекламации
2	21-40	Низкая	Качество нестабильное, заметны дефекты, требуется доработка
3	41-60	Средняя	Качество приемлемое, но есть возможности для улучшения
4	61-80	Высокая	Качество стабильно высокое, редкие случаи брака
5	81-100	Наивысшая	Качество близко к идеальному, минимальный брак

На примере компрессора N рассмотрим практические результаты внедрения модели ИСМ ЦП. В таблице 6.3.15 представлено сравнение ключевых характеристик компрессора до и после перехода на отечественные аналоги материалов и комплектующих.

Таблица 6.3.15 – Сравнение ключевых характеристик компрессора N до и после перехода на отечественные материалы и комплектующие

Параметры	До начала проекта ТЛП	После завершения проекта ТЛП
Газовая постоянная, Дж/(кг*К)	37,58	37,09
Производительность, приведенная к условиям всасывания, м ³ /с	0,889	0,893
Производительность, приведенная к стандартным условиям (20 ⁰ С и 0,1013 МПа) м ³ /мин	869,8	873,3
Массовый расход, кг/с	13,11	13,47
Давление газа начальное, МПа	1,70	1,70
Давление газа конечное, МПа	7,80	7,95
Температура газа начальная, К	316	318
Температура газа конечная, К	453	457
Частота вращения ротора, об/мин	10725	11246
Мощность внутренняя, кВт	3914	3871
КПД политропный, %	0,71	0,73
Количество ступеней	7	8

Из таблицы 6.3.15 видно, что переход на отечественные аналоги материалов и комплектующих компрессора N не только сохранил, но в ряде случаев превысил ключевые показатели исходного импортного компрессора.

После импортозамещения компрессор N демонстрирует улучшение ключевых показателей: увеличение производительности (на 0,4% по объёму и 2,7% по массе), рост конечного давления (на 1,9%) и политропного КПД (на 2,8%) при снижении внутренней мощности на 1,1%, что свидетельствует о повышении эффективности работы оборудования. Улучшение характеристик компрессора после импортозамещения потребовало увеличения ступеней с 7 до 8 для оптимальной работы.

Таким образом, внедрение модели ИСМ ЦП позволило достичь значимых результатов. Реализация пилотного проекта ТС на примере компрессора N продемонстрировала, что переход на отечественные аналоги не только обеспечил технологическую независимость, но и в ряде аспектов улучшил ключевые показатели оборудования.

6.4 Разработка корректирующих мероприятий в рамках проекта обеспечения технологической локализации

На основании результатов внедрения пилотного проекта по импортозамещению в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» выявлены ключевые проблемы:

- 1) сырье и компоненты: недостаточное качество и ограниченный выбор отечественных аналогов ключевых материалов и комплектующих;
- 2) производственные технологии: технологическое отставание в критически важных производственных процессах;
- 3) логистика и поставки: нарушенные цепи поставок;
- 4) персонал: дефицит квалифицированных специалистов.

В России эксплуатируется достаточно большое количество компрессоров иностранных фирм, значительная доля которых имеет большую наработку

и требует ремонта или модернизации при длительной амортизации. Вследствие отсутствия запасных частей или длительных сроков поставки из-за современной сложной логистики организации, эксплуатирующие зарубежную продукцию, часто сталкиваются с проблемой поддержания оборудования в работоспособном и эффективном состоянии. Самостоятельное изготовление запасных частей проблематично из-за отсутствия у эксплуатирующих организаций конструкторской документации или при ее наличии несоответствии документации системе стандартизации и применяемым технологиям производства. В соответствии с этим из одним из направлений деятельности АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» становится полнокомплектное импортозамещение компрессорных агрегатов иностранного компрессорного оборудования посредством технологии обратного инжиниринга. При этом делается упор на возможность изготовления собственного компрессорного оборудования путем постепенной замены иностранного на отечественные разработки.

Использование расширенного подхода к типизации производственных процессов и соответствующих им стандартов управления качеством при обеспечения технологической локализации производства на АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» позволило создать импортозамещающую продукцию высокого качества. Переход на отечественные аналоги материалов и комплектующих компрессора N не только не ухудшил, но в ряде случаев улучшил ключевые показатели импортного компрессора. После реализации процесса импортозамещения в рамках проекта технологической локализации производства было достигнуто улучшение следующих ключевых показателей: увеличение производительности (на 0,4% по объёму и 2,7% по массе), рост конечного давления (на 1,9%), политропного КПД (на 2,8%) при снижении внутренней мощности на 1,1%, что свидетельствует о повышении эффективности работы оборудования.

Разработаем комплекс мероприятий, направленных на повышение качества выпускаемой продукции, исходя из ключевых проблем:

1) развитие отечественного производства критических материалов и комплектующих, обеспечивая их стандартизацию и контроль качества;

2) ускоренное внедрение современных производственных технологий и развитие цифровой инфраструктуры предприятия;

3) создание альтернативных логистических маршрутов и формирование стратегических запасов ключевых компонентов;

4) развитие программ переподготовки и повышения квалификации.

В дополнение к перечисленным мерам необходимо проводить мероприятия, касающиеся 6 ключевых блоков модели ИСМ ЦП:

а) блок «Анализ и планирование»:

– разработка и внедрение программы поэтапного замещения импортных компонентов отечественными аналогами;

– создание базы данных отечественных аналогов с техническими характеристиками и сравнительным анализом;

– создание механизма оперативного привлечения дополнительного финансирования;

– регулярный аудит хода выполнения проекта с корректировкой планов при возникновении задержек;

– создание базы альтернативных поставщиков и проведение аудита цепей поставок;

– создание автоматизированной системы сбора и анализа ценовых данных;

– разработка детализированной методики оценки импортозависимости;

б) блок «НИОКР и технологическое развитие»:

– введение ежеквартальной проверки финансирования с автоматическими уведомлениями о сроках;

– установка четкого расписания научных работ с ежемесячными отчетами о ходе выполнения;

– закрепление сотрудников, ответственных за оформление патентов, с показателями по срокам подачи;

- проведение ежегодной проверки используемых технологий с привлечением специалистов;

- разработка системы оценки окупаемости для каждого проекта раз в полгода;

- апробация новых технологий на пробных производствах перед полным внедрением;

в) блок «Кадровое обеспечение»:

- внедрение ежегодной обязательной аттестации ключевых сотрудников;

- разработка практико-ориентированных программ обучения с экзаменами;

- регулярный пересмотр учебных программ с участием технологов;

- закрепление минимума расходов на обучение в бюджете компании;

- введение системы наставничества и карьерного роста для ключевых специалистов;

г) блок «Снабжение и кооперация»:

- разработка плана постепенного перехода на российских поставщиков с ежегодным ростом на 15%;

- формирование базы проверенных российских поставщиков с приоритетом при закупках;

- создание сети дублирующих поставщиков по критически важным материалам;

- ежеквартальный анализ цен на рынке с возможностью пересмотра условий договоров;

- организация отраслевого совещания поставщиков для совместной работы;

- разработка программы совместного финансирования модернизации предприятий-партнеров;

- оптимизация транспортных маршрутов с использованием систем слежения за грузами;

д) блок «Производство и локализация»:

- ввод плановых показателей локализации с ежегодным повышением норматива;

- внедрение системы нормирования затрат и поиска резервов снижения издержек;

- разработка программы замены импортных компонентов отечественными аналогами с поэтапным внедрением;

- усиление входного контроля сырья и выходного контроля готовых изделий;

- создание стимулов для российских поставщиков через долгосрочные контракты;

- оптимизация технологических процессов и пересмотр норм выработки;

- модернизация оборудования с внедрением энергосберегающих технологий;

е) блок «Оценка качества продукции и конкурентоспособности»:

- внедрение системы контроля сроков с ежемесячным анализом отклонений от графика;

- установление четких контрольных точек по каждому проекту с проверкой раз в квартал;

- внедрение регулярных опросов покупателей и системы оперативного реагирования на жалобы;

- усиление контроля на ключевых этапах производства с автоматизированным учетом брака;

- оптимизация системы контроля качества за счет перераспределения ресурсов и автоматизации;

- разработка единых регламентов для всех этапов реализации проектов;

- проведение маркетинговых исследований и адаптация продукта под потребности рынка;
- создание программы выхода на новые рынки с адаптацией продукции под требования стран-импортеров;
- проведение аудита расходов с перераспределением бюджета на наиболее результативные направления;
- внедрение системы регулярного аудита производства по международным нормам.

Ключевым мероприятием, направленным на дальнейшее повышение качества, является разработка программного обеспечения, позволяющего автоматизировать сбор, обработку и анализ данных, необходимых для расчета интегрального показателя эффективности фокусного предприятия - участника цепи поставок в рамках модели ИСМ ЦП, отслеживать значения показателей эффективности в режиме реального времени и формировать отчеты об эффективности процесса импортозамещения.

Таким образом, предложенные мероприятия позволят повысить эффективность внедрения процесса импортозамещения и улучшить качество выпускаемой продукции в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа».

6.5 Выводы по главе

1. Предлагаемая формула расчета эффективности фокусного предприятия в рамках ИСМ ЦП представляет собой структурированный подход, позволяющий выявить слабые места при обеспечения технологической локализации производства для разработки мероприятий по повышению эффективности процесса. К преимуществам модели ИСМ ЦП следует отнести ее универсальность, простоту и возможность использования даже при отсутствии точных данных.

2. Представленные в модели ИСМ ЦП показатели отражают основные направления процесса реализации проекта технологической локализации производства, поэтому при анализе деятельности отдельно взятого предприятия данные показатели могут быть заменены или дополнены другими, которые соответствуют детализированным целям анализа и наличию данных для оценки.

3. Реализация проекта технологической локализации производства в условиях кризисов и санкций направлена прежде всего на снижение зависимости от иностранных поставщиков сырья, комплектующих и оборудования. В соответствии с этим, представленный подход по оценке эффективности модели ИСМ ЦП направлен не на выявление экономической целесообразности осуществления проекта технологической локализации производства, а на обеспечение стабильности и надежности выпуска импортозамещающей продукции высокого качества, соответствующей требованиям современных стандартов.

4. Разработанная модель ИСМ ЦП и система оценки ее эффективности будет способствовать выполнению целей технологического суверенитета по обеспечению системного повышения качества выпускаемой продукции и повышению уровня ее конкурентоспособности.

5. В соответствии с предложенной методикой проведена оценка эффективности модели ИСМ ЦП при обеспечении технологической локализации производства в АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа», которая на основе полученных данных позволила выявить проблемные области при реализации проекта технологической локализации производства и разработать мероприятия по повышению эффективности реализации политики импортозамещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация цели и задач, сформулированных в диссертационном исследовании, позволила получить ряд новых научных результатов и апробировать их для развития интегрированных систем менеджмента и организации производства машиностроительной продукции на уровне цепей поставок. По итогам проведенного исследования сделаны следующие выводы:

1. Сформулированы методологические положения и концептуальные принципы формирования интегрированной системы менеджмента в цепях поставок (ИСМ ЦП), обеспечивающие реализацию стратегии технологического суверенитета на уровне производственных процессов машиностроительного предприятия. Установлено, что сквозная гармонизация стандартов качества и синхронизация технологических процессов на всех этапах создания ценности выступают фундаментом для повышения операционной эффективности и надежности сложной технической продукции.

Апробация разработанных подходов на базе АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» подтвердила их результативность: интеграция разработанного инструментария ИСМ ЦП позволила существенно минимизировать количество конструкторских и производственных несоответствий, а также снизить объем претензионной работы со стороны службы технического контроля. Достигнутая стабилизация качественных характеристик обеспечила полное соответствие фактических параметров продукции требованиям нормативно-технической документации и практически исключила потребность в проведении восстановительных ремонтов оборудования в гарантийный период.

2. Разработана архитектура цифровой платформы управления единым информационным пространством, направленная на достижение системной интеграции и устранение информационных разрывов между субъектами цепи поставок. Цифровая платформа формирует предпосылки создания высокотехнологичной экосистемы, обеспечивающую реализацию принципов «сквозного

НАО «НАО», где проектирование готового изделия осуществляется синхронно с разработкой его компонентной базы.

Операционным ядром платформы является инновационная межотраслевая модель системы менеджмента качества, функционирующая как «цифровой двойник» цепи поставок. Это позволяет в режиме реального времени синхронизировать требования к качеству на всех этапах создания ценности. Разработанная концептуальная модель цифровизации ИСМ ЦП охватывает полный жизненный цикл изделия, интегрируя международные, российские и локальные отраслевые стандарты безопасности и качества. Использовалась для формирования механизма управления сквозными процессами в цепях поставок в АО «Татнефтехиминвест-холдинг», что позволило улучшить ключевые показатели компрессора.

Внедрение программного модуля управления критическими ресурсами на предприятии машиностроительной отрасли позволило снизить зависимость от импортных технологий и материалов на 45%. Научно-практическая ценность данного решения заключается в интеграции специализированного алгоритма со сквозными системами CAD/CAM/CAE. Это обеспечивает возможность формирования единого цифрового архива конструкторско-технологической документации, автоматической генерации технологических карт с приоритетным использованием отечественного оборудования и оснастки, а также моделирования производственных процессов в целях минимизации импортозависимости.

3. Разработан и апробирован алгоритм цифровизации управления несоответствующей продукцией, являющийся контрольно-корректирующим контуром цифровой платформы, базируется на использовании систем машинного зрения, датчиков и инструментов автоматизации, что позволяет в режиме реального времени идентифицировать и нивелировать отклонения в рамках всей платформы. Применение данного алгоритма на ООО «Айком-Тех» показало высокую эффективность: время на выявление несоответствий сократилось на

60%, затраты на процессы управления несоответствующей продукцией снизились на 40%, а оперативность реализации предупреждающих действий повысилась на 30%.

4. Разработана методика оценки уровня технологического развития машиностроительных предприятий в условиях необходимости достижения технологического суверенитета, позволившая определить индикативные составляющие технологических трансформаций по степени их значимости и оценить перспективы и «барьеры» технологического развития производственных систем. Для количественной оценки технической эффективности и качества межотраслевой интеграции проведено математическое моделирование с использованием метода многомерного статистического анализа – метода главных компонент (факторного анализа). Данный подход позволил трансформировать массив из 13 первичных индикаторов, характеризующих различные аспекты управления качеством и организацией машиностроительных производственных систем, в модель влияния четырех факторов качества межотраслевого взаимодействия производственных систем машиностроительной отрасли в условиях дефицита требуемых технических ресурсов и НИОКР. Сформированная аддитивная регрессионная зависимость интегрального показателя позволила верифицировать вклад каждого фактора в общую эффективность цепи поставок, что выступает аналитическим обоснованием для приоритизации и цифровизации управленческих решений. Внедрение аналитического инструментария в практику организации производства обеспечило возможность формирования организационно-управленческих решений по технологической локализации производства и мониторинга динамики развития производственных систем машиностроительного комплекса. Апробация модели в деятельности предприятия авиационной отрасли (АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий» и др.) подтвердила ее результативность как инструмента поддержки принятия решений при реализации проектов технологического суверенитета. Практическое использование модели обеспечило повышение качества мониторинга программ модернизации

научно-технологической базы производственных систем и позволило оптимизировать производственные циклы за счет адресного внедрения инструментов бережливого производства и цифровизации в наиболее важных точках межотраслевого взаимодействия. Согласно полученным результатам, внедрение инструментов бережливого производства, предложенных автором, обеспечило рост показателя общей эффективности оборудования (ОЕЕ) на 23,9% (с 63,7% до 78,9% в среднем по 21 единице оборудования), а в рамках конкретного производственного участка – на 13,6% (с 43,3% до 49,2%); при этом среднее время простоев оборудования уменьшилось на 38%, производительность процесса в среднем увеличилась на 15%.

5. Разработана и апробирована комплексная методика оценки эффективности реализации интегрированной системы менеджмента в цепях поставок машиностроительной продукции при осуществлении проектов технологического суверенитета. Научная новизна методики заключается в ее двухкомпонентной структуре, позволяющей осуществлять мониторинг как системных связей, так и индивидуальной результативности субъектов межотраслевого взаимодействия. Первый блок методики ориентирован на управление качеством межотраслевого взаимодействия на всех этапах жизненного цикла продукта и охватывает полный спектр участников цепи поставок. Второй блок методики представляет собой математическую модель оценки уровня эффективности функционирования производственной системы – участника цепи поставок. Особенностью методики является использование дифференцированных ключевых показателей эффективности для разных типов участников.

Практическая значимость решения подтверждена в ходе апробации на базе АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа». Внедрение методики позволило выявить критические «узкие места» в процессах межотраслевой координации и разработать адресный комплекс мероприятий по повышению адаптивности цепи поставок. Полученные результаты подтверждают эффективность методики как инструмента реализации государственной политики импортозамещения, обеспечивающего оперативную замену компонентов без

снижения надежности и качества выпускаемого компрессорного оборудования. Интегральный индекс эффективности модели ИСМ ЦП для фокусного предприятия, рассчитанный по разработанной автором методике, составил 73%, что соответствует высокому уровню эффективности. При этом блок «Анализ и планирование» достиг наивысшего для периода мониторинга деятельности производственной системы уровня эффективности (81%).

6. Разработана система локальных стандартов для обеспечения технологической локализации производства насосно-компрессорного оборудования с учетом последовательности их внедрения по стадиям технологической специализации производственной системы машиностроительного комплекса, учитывающая технологическую цепь производства машин и оборудования в разрезе ОКВЭД 28.13 Производство прочих насосов и компрессоров. Представленное научное решение раскрывается через преемственность трех составляющих: концептуального распределения рисков, математического обоснования приоритетов их распределения и практической реализации на рабочем месте. Научная новизна данного решения заключается в интеграции риск-ориентированного подхода и математического аппарата ранжирования стандартов для поэтапного формирования единой среды управления качеством.

Практическая значимость решения подтверждена результатами внедрения на механосборочном участке АО «Казанькомпрессормаш». Реализация предложенной системы позволила не только формализовать процессы передачи ноу-хау и минимизировать риски потери технологических компетенций, но и обеспечила измеримый рост производительности труда при одновременном снижении уровня производственного травматизма и процента брака. Предложенная автором сетевая модель организации рабочих мест позволила повысить вероятность выполнения плана на 22% (с 42% до 66%), а при переходе к динамическому недельному планированию – до 88%. Применение предложенных инструментов бережливого производства (Рока-Yoke, SMED, TPM, 5S) обеспечило снижение брака на 77,8% на заготовительном участке АО «Ка-

заныкомпрессормаш». Предложенный подход является инструментом реализации стратегии технологического суверенитета, обеспечивающим стабильно высокое качество импортозамещающей продукции на уровне каждого конкретного рабочего места.

Рекомендуется применять полученные результаты на предприятиях машиностроительной отрасли, стремящихся к повышению эффективности функционирования производственной системы, улучшению качества продукции и обеспечению технологической локализации производства; в инжиниринговых центрах, занимающихся разработкой и внедрением новых технологий и процессов; в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях, занимающихся подготовкой специалистов в области управления качеством и организации производства, проведением НИОКР по заказу предприятий; в органах отраслевого управления, управления цепями поставок, разрабатывающих и реализующих политику в области импортозамещения и развития машиностроительной отрасли.

Перспективы развития темы заключаются в: дальнейшей разработке и совершенствовании инструментов оценки технической эффективности проектов технологической локализации производства; адаптации предложенных моделей и методов к специфике различных отраслей промышленности; интеграции результатов исследования с современными информационными технологиями (цифровые платформы, искусственный интеллект, интернет вещей); расширении области применения разработанных подходов на другие аспекты функционирования производственных систем (например, управление конкурентоспособностью, сквозными технологиями, инновациями, рисками, знаниями).

На основании вышеизложенных новых научно обоснованных результатов можно утверждать, что поставленные цель и задачи достигнуты, содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.5.22, результаты диссертационной работы внедрены на предприятиях машиностроительной промышленности.

ГЛОССАРИЙ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

Архитектура СМК – это детальное описание основных компонентов СМК и их взаимодействий¹.

Бережливое производство – это концепция организации бизнеса, ориентированная на создание привлекательной ценности для потребителя путем формирования непрерывного потока создания ценности с охватом всех процессов организации и их постоянного совершенствования через вовлечение персонала и устранение всех видов потерь².

Бизнес-процесс – это последовательность действий (подпроцессов), направленная на получение заданного результата, ценного для организации.

Всеобщий менеджмент качества – это стратегия управления предприятием, включающая в себя управление всей системой производства, цепью поставок, полным жизненным циклом продукции, в том числе продукцией машиностроительной промышленности, обеспечивая надлежащее качество³.

Единое информационное пространство – организационно-техническая среда, объединяющая на основе стандартизированных протоколов и единой PLM/PDM-платформы все заинтересованные стороны (R&D-центры, поставщиков Tier-1–Tier-3, логистических операторов), что позволяет осуществлять синхронное управление конструкторско-технологической документацией, минимизировать потери при передаче данных и обеспечивать цифровую прослеживаемость изменений в реальном времени.

Импортозамещение – это процесс создания новых или развития существующих современных конкурентоспособных производств и технологий в Российской Федерации, предназначенных для замещения импортируемых товаров, услуг и технологий. Импортозамещение, как правило, осуществляется в форме локализации на территории Российской Федерации производств и

¹ ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».

² ГОСТ Р 56020-2020 «Бережливое производство. Основные положения и словарь». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200174885>

³ Фейгенбаум, А. В. Контроль качества продукции / А.В. Фейгенбаум. – М.: Экономика, 1986.

технологий, воспроизведения технологий, либо в форме переориентации трансграничных производственных цепочек на устойчивых (надежных) поставщиков, импортирующих на территорию Российской Федерации товары, услуги и технологии⁴.

Инжиниринг – это комплексная техническая, расчетно-графическая, – организационно-техническая, технико-экономическая и консультативно-техническая деятельность, которая реализует выполнение следующих видов разнообразной научно-исследовательской, проектно-конструкторской, расчетно-аналитической, организационно-управленческой и технико-экономической работы на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) химико-технологических систем: предпроектные исследования, технико-экономическое обоснование; бизнес-планирование; управление проектированием; разработка проектов; строительство и пуск в эксплуатацию; управление эксплуатацией и техническим обслуживанием⁵.

Инструменты качества – это различные методики и технологии сбора и формирования баз данных, аналитической обработки информации, в том числе количественных и качественных данных о свойствах и состоянии продукта, процесса, производственной системы⁶.

Интегрированная система менеджмента – это система менеджмента качества, отвечающая требованиям нескольких международных (российских) стандартов на системы менеджмента, а также локальных требований предприятий в области качества и осуществляющую функционирование как единое целое в рамках интегрированной цепи создания добавленной стоимости, обеспечивая устойчивое развитие предприятий и отрасли в целом⁷.

⁴ Концепция технологического развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/news/48570/>

⁵ Мешалкин В.П. Научные методы инжиниринга энергоресурсоэффективных интенсивных химико-технологических систем в условия цифровой экономики // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. № 8. С. 6-23.

⁶ ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019 «Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей»

⁷ ГОСТ Р 55269-2012 «Системы менеджмента организаций. Рекомендации по построению интегрированных систем менеджмента»

Интегрированная система менеджмента в цепях поставок – это многоуровневая, динамически адаптируемая организационно-управленческая система сквозной координации участников межотраслевой кооперационной цепи создания ценности, функционирующая как единый научно-производственный механизм на основе гармонизации требований национальных и международных стандартов, а также отраслевых и локальных регламентов, обеспечивающая устойчивое инновационное развитие предприятий, минимизацию операционных рисков и достижение технологического суверенитета в условиях высокой неопределенности внешней среды.

Интегрированная система управления качеством – это система управления качеством продукции в цепи поставок, объединяющая системы менеджмента качества, экологического менеджмента, менеджмента информационной безопасности, менеджмента промышленной безопасности и охраны труда.

Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности.⁸

Качество проекта технологического суверенитета – это соответствие результата проекта целям технологического развития страны, требованиям по уровню локализации производства, отраслевым стандартам.

Ключевые показатели производительности – определенные на глобальном уровне показатели, рассчитываемые на основе первичных исходных данных о производственно-финансово-экономической деятельности предприятия, позволяющих оценивать фактическое состояние и изменение показателей эффективности всех бизнес-процессов экономической, социальной и экологической деятельности⁹.

⁸ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

⁹ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

Ключевые процессы – это процессы, оказывающие воздействие на достижение основной цели организации – удовлетворение требований потребителей.

Конкурентоспособность продукции (как товара на рынке) – это относительная (применительно к товарам аналогам – конкурентам) предположительная рыночная характеристика продукции, позиционируемой в условиях целевого рынка и заданного периода времени, определяемая как привлекательность, выражаемая в потенциальной возможности товара удовлетворять требования конкретного покупателя по показателям качества, экологичности, безопасности, ресурсопотребления и затратам на приобретение данного товара.¹⁰

Корректирующие и предупреждающие действия (КиПД/САРА): Корректирующие действия – действия, предпринимаемые для устранения причины выявленного несоответствия и предотвращения его повторения. Предупреждающие действия – действия, предпринимаемые для устранения причины потенциального несоответствия и предотвращения его возникновения¹¹.

Менеджмент рисков (Risk Management) – скоординированные виды деятельности по руководству и управлению организацией применительно к риску. В контексте ИСУК направлен на выявление, анализ и обработку рисков, способных повлиять на способность системы достигать целей в области качества¹².

Обеспечивающие процессы – это процессы, результатом которых является формирование необходимых условий для реализации базовых процессов.

Основные (базовые) процессы – это процессы, результатом которых являются проектирование, разработка, производство и ремонт продукции.

¹⁰ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

¹¹ ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»

¹² ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»

Принципы производственного менеджмента – это совокупность основополагающих утверждений, направленных на производство качественной продукции¹³.

Продукция – это конечный результат деятельности, направленной на создание материальных объектов, предназначенных для применения в качестве средства удовлетворения потребностей или требований.¹⁴

Проект технологического суверенитета – это проект, направленный на создание новых производственных мощностей и технологий, расширение, и (или) модернизацию, и (или) повышение эффективности имеющихся производственных мощностей и технологий, строительство мощностей иных этапов производственного цикла (передела) на базе существующего производственного комплекса предприятия, действующего на территории Российской Федерации.¹⁵

Проектирование – это совокупность процессов, преобразующих требования к объекту (характеристики) в более детальные требования к этому объекту¹⁶.

Проектный подход к организации производства – это инструмент для получения быстрого и ощутимого результата за счет более структурированной организации работ, ориентированности на достижение конкретного результата, возможности предусмотреть большинство из возможных изменений при достижении поставленной цели и разработки методов по их нейтрализации¹⁷.

Проекты обеспечения технологической локализации производства – форма организации деятельности, характеризующаяся следующими признаками: наличие четко сформулированной цели (достижение заданного уровня локализации по номенклатуре и стоимости, снижение зависимости от импорта

¹³ Тейлор, Ф.У. Принципы научного менеджмента / Ф.У. Тейлор. – М.: Контроллинг, 1991.

¹⁴ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

¹⁵ Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 г. № 603 "Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и ...»

¹⁶ ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>

¹⁷ Руководство к Своду знаний по управлению проектами. – Project Management Institute, Inc., 2017.

критических компонентов), ограниченные временные рамки (как правило, от 1 до 5 лет в рамках дорожной карты), выделенные ресурсы (финансовые, кадровые, технологические), межорганизационная кооперация (включая передачу технологий и методическое сопровождение поставщиков), а также управление рисками (технологическими, качественными, срывов сроков). Результатом таких проектов выступает не только освоение выпуска конкретных изделий, но и наращивание технологического суверенитета в смежных отраслях (судостроение, авиация).

Проекты развития цепей поставок – комплекс мероприятий по выявлению, оценке, обучению, аудиту и сертификации отечественных поставщиков (включая Tier-2 и Tier-3), направленный на замещение импортных компонентов критической номенклатуры, снижение операционных рисков и обеспечение технологической независимости межотраслевой цепи поставок компрессорного оборудования.

Производственные системы – совокупность взаимосвязанных процессов, оборудования, персонала, технологий, методов планирования и контроля, объединенных единой организационной структурой и регламентами для выпуска продукции заданного качества, в заданном объеме и с заданной эффективностью использования ресурсов.

Рабочее место – это структурная аппаратно-организационная совокупность связанных элементов производственной системы.

Развитие интегрированной системы управления качеством – процесс установления целей и поиска возможностей улучшения, использующий наблюдения аудита и заключения по результатам аудита, анализ данных, анализ со стороны руководства или другие средства, и обычно ведущим к корректирующим действиям или предупреждающим действиям¹⁸.

¹⁸ ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>

Система качества – это совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством.¹⁹

Система менеджмента качества (СМК) – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством²⁰.

Системный подход – это методологическое направление в области разработки общей стратегии и методологии, а также неформализованных, или эвристических, и формализованных методов комплексного исследования процессов, явлений и объектов как сложных систем разных типов и классов. Системный подход предполагает, что взаимосвязь и взаимодействие элементов, процессов и явлений, происходящих в некоторой системе (объекте), обеспечивает появление у этой системы (объекта) принципиально новых свойств, которые не присущи ее отдельным элементам, подсистемам, процессам и явлениям. Системный подход основан на одном из важнейших законов диалектического материализма – законе всеобщей взаимосвязи, взаимодействия и взаимообусловленности явлений и объектов в окружающей среде.²¹

Сквозные процессы – это совокупность взаимосвязанных видов деятельности, осуществляемых в рамках организации (или экосистемы), которые, пересекая границы функциональных подразделений, уровней управления и стадий производственного цикла, обеспечивают достижение конкретного конечного результата (удовлетворение потребности внешнего или внутреннего клиента).

Сквозные технологии – это класс технологий, обеспечивающих единое информационное и технологическое пространство на всех этапах жизненного

¹⁹ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

²⁰ ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>

²¹ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

цикла продукции (проектирование → производство → логистика → эксплуатация → сервис → утилизация) и во всех звеньях цепи поставок (от поставщика сырья до конечного потребителя).

Технологическая локализация – управляемый процесс, интегрированный в систему менеджмента предприятия и цепей поставок.

Технологический суверенитет – это способность государства располагать технологиями, которые считаются критически важными для обеспечения благосостояния и конкурентоспособности, а также возможность самостоятельно разрабатывать их или получать от экономик других стран без односторонней структурной зависимости. Технологический суверенитет – это «ключ» к решению простых задач, связанных с достижением фундаментальной устойчивости, национальной безопасности, при этом технологический суверенитет в контексте внешней политики – не изоляция, а «сильная переговорная позиция при выстраивании альянсов с другими странами»²².

Управление – это процесс формирования целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий, вырабатываемых человеком или специальным управляющим устройством, регулятором.²³

Управление проектом – это управление целенаправленными изменениями для успешного выполнения запланированных работ в соответствии с изначально установленными целями и требованиями по срокам, стоимости, объему работ.

Управление системой менеджмента качества на промышленном предприятии – это совокупность внешних воздействий, которые в совокупности повышают энергию системы и уровень ее адаптивности посредством снижения энтропии благодаря достижению баланса внутренней и внешней саморегуляции системы.

²² Константинов И. Б., Константинова Е. П. Технологический суверенитет как стратегия будущего развития российской экономики // Вестник Поволжского института управления. 2022. Т.22. №5. С.12-22.

²³ Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие / В.П. Мешалкин – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

Цепь поставок продукции – это совокупность организаций, взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя продукции²⁴.

Цикл Деминга (PDCA) – это динамичный цикл, который может быть применён в каждом процессе и подпроцессе, а также к системе производства предприятия в целом²⁵.

Цифровизация ИСУК – это использование цифровых технологий в рамках интегрированной системы управления качеством для улучшения качества производимой продукции и предоставления новых возможностей для создания ценности.

Энергоресурсная эффективность производства – это важнейший показатель качества организации производства и проектов технологического суверенитета, характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу²⁶.

CAD (Computer Aided Design) – система автоматизированного проектирования для разработки чертежей и 3D-моделей изделий.

CAE (Computer Aided Engineering) – программное обеспечение для инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов (прочность, гидравлика, тепломассообмен).

CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support, непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделия) – это подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоемкой про-

²⁴ Мешалкин, В. П. Стратегия управления цепями поставок химической продукции и устойчивое развитие / В. П. Мешалкин, В. Дови, А. Марсанич. – Москва- Генуя : Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2003. – 522 с. – EDN VSTGPF.

²⁵ Шухарт, У.А. Статистический метод с точки зрения контроля качества / У.А. Шухарт. – М.: Госстатиздат, 1932.

²⁶ Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...".

дукции, заключающийся в использовании компьютерной техники, современных информационных и автоматизированных средств на всех этапах ЖЦП вплоть до утилизации²⁷.

CAM (Computer Aided Manufacturing) – подготовка управляющих программ для технологического оборудования (станков с ЧПУ) на основе CAD-моделей.

CRM (Customer Relationship Management) – система управления отношениями с клиентами, направленная на повышение лояльности и эффективности продаж.

DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) – методология улучшения процессов: определяй, измеряй, анализируй, улучшай, контролируй.

ENMs (Energy Management Systems) – система управления энергоэффективностью, направленная на оптимизацию потребления энергоресурсов.

ERP (Enterprise Resource Planning) – система планирования ресурсов предприятия, обеспечивающая управление финансами, производством, закупками и персоналом в единой информационной среде.

IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – методология функционального моделирования для описания бизнес-процессов в виде иерархии взаимосвязанных функций.

ISMS (Information Security Management System) – система управления информационной безопасностью, обеспечивающая конфиденциальность, целостность и доступность информации.

MES (Manufacturing Execution System) – это система управления производством, специализированное программное обеспечение, разработанное для повышения эффективности планирования и управления производством²⁸.

MRP (Material Requirements Planning) – система планирования потребности в материалах для обеспечения производственного процесса в нужном объеме и к нужному сроку.

²⁷ ГОСТ Р 71841-2024 Цифровая промышленность. Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Управление жизненным циклом систем и компонентов

²⁸ Стандарт ISA-95 "Enterprise-Control System Integration"

PDCA (Plan-Do-Check-Act) – цикл непрерывного улучшения: планируй, осуществляй, проверяй, улучшай.

PDM (Product Data Management – управление данными об изделии) – организационно-техническая система, обеспечивающая централизованное хранение, контроль, регламентированный доступ и управление изменениями конструкторской и технологической документации (чертежи, 3D-модели, спецификации, маршрутные карты) на всех этапах жизненного цикла изделия.

PLM (Product Lifecycle Management) – это система управления всей информацией об изделии и связанных с ним процессах, на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации²⁹.

SCM (Supply Chain Management) – управление цепями поставок, включающее координацию материальных, информационных и финансовых потоков от поставщиков до потребителей.

SMED (Single-Minute Exchange of Dies) – метод быстрой переналадки оборудования, позволяющий сократить время перехода между выпуском разных типов продукции.

SOP (Standard Operation Procedure) – стандартные операционные процедуры, документально закреплённая последовательность действий при выполнении рабочей операции.

TPM (Total Productive Maintenance) – всеобщее производительное обслуживание оборудования, направленное на минимизацию простоев и повышение общей эффективности.

²⁹ Стандарт ISO 10303-239 "Application protocol: Product life cycle support"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акаев, А. А. Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Кондратьева – Шумпетера / А. А. Акаев // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2011. – № 2. – С. 39–60.
2. Акатов, Н. Б. Интегрированная система менеджмента промышленного предприятия: синергетический подход / Н. Б. Акатов, Д. Ю. Брюханов, А. Н. Иванова // Социальные и гуманитарные знания. – 2017. – Т. 3. – № 2. – С. 95–105.
3. Алдошин, В. М. Единое информационное пространство в структуре жизненного цикла сложной наукоемкой продукции / В. М. Алдошин, Д. А. Леманский // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2012. – № 1. – С. 14–19.
4. Амяльев, А. А. Стандарты менеджмента качества немецкой автомобильной промышленности для России / А. А. Амяльев // Стандарты и качество. – 2020. – № 10. – С. 42–45.
5. Анимица, Е. Г. Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты / Е. Г. Анимица, П. Е. Анимица, А. А. Глумов // Экономика региона. – 2015. – № 3(43). – С. 160–172.
6. Антипова, О. И. Отраслевой центр компетенций для распределенной системы менеджмента качества и обучения сотрудников в цепи поставок / О. И. Антипова, С. В. Сусарев, Д. В. Антипов, В. Н. Козловский // Автомобильная промышленность. – 2026. – № 1. – С. 1–6.
7. Антохина, Ю. А. Комплексная оценка качества радиоэлектронной продукции при риске снижения показателей / Ю. А. Антохина, Е. А. Фролова, А. С. Тур // Компетентность. – 2025. – № 7. – С. 29–32.
8. АО «Казанский вертолетный завод» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://rhc.aero/structure/kazanskiy-vertoletnyy-zavod>

9. АО «Казанькомпрессормаш» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://compressormash.ru/about/>
10. Афанасьев, А. А. «Технологический суверенитет» как научная категория в системе современного знания / А. А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Том 12. – № 9. – С. 2377–2394.
11. Афанасьев, А. А. Технологический суверенитет: варианты подходов к рассмотрению проблемы / А. А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Том 13. – № 2. – С. 689–706.
12. Афанасьев, А. А. Технологический суверенитет: основные направления политики по его достижению в современной России / А. А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Том 12. – № 4. – С. 2193–2212.
13. Ахрамович, А. А. Применение проектного подхода для развития систем менеджмента на основе СТО Газпром 9001-2018 / А. А. Ахрамович, Е. В. Борисова, П. Ю. Архипов, С. А. Одинокое // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 2. – С. 186–192.
14. Байдаров, Д. Ю. Формирование новой модели отечественной экономики в контексте технологического суверенитета: принципы и механизмы / Д. Ю. Байдаров, А. В. Полосин, Д. Ю. Файков // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Том 13. – № 2. – С. 669–688.
15. Балдин, К. В. Информационное обеспечение менеджмента организационной устойчивостью производственно-хозяйственных систем / К. В. Балдин, А. Т. Алиев // Вестник Коми республиканской академии государственной службы и управления. Теория и практика управления. – 2021. – № 2 (32). – С. 78–83.
16. Балтачева, Н. Р. Бережливое производство как метод повышения эффективности производства / Н. Р. Балтачева // Время науки. – 2015. – № 8 (20). – С. 26–29.

17. Бардаков, А. А. Применение теории ограничения систем Голдратта в рамках реинжиниринга бизнес-процессов производственного планирования на промышленном предприятии / А. А. Бардаков, Д. А. Корнилов // Иннов: электронный научный журнал. – 2017. – № 4 (33). – С. 43.
18. Барсегян, Н. В. Модернизация институтов развития промышленности в условиях технологического суверенитета / Н. В. Барсегян, А. А. Лубнина, Ю. А. Абуталипова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – №6(97). – С.104–114.
19. Барсегян, Н. В. Сравнительный анализ категорий «импортозамещение» и «технологический суверенитет» в условиях рисков развития закрытых инновационных систем / Н. В. Барсегян, А. И. Ван, А. Р. Уренцова // Управление устойчивым развитием. – 2023. – №3(46). – С.30–35.
20. Батоврин, В. К. Современная системная инженерия. этапы развития / В. К. Батоврин // Датчики и системы. – 2013. – № 3 (166). – С. 48–59.
21. Батталов, А. Ф. Совершенствование организационно-методических вопросов аналитического контроля качества природного газа в Испытательной лаборатории / А. Ф. Батталов, Р. Т. Саетова, Я. В. Денисова // Омский научный вестник. – 2021. – № 4(178). – С. 29-33.
22. Батьковский, А. М. Информационное обеспечение автоматизированных систем управления на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / А. М. Батьковский, А. В. Фомина // Экономические исследования и разработки. – 2020. – № 6. – С. 97–104.
23. Башин, Ю. Б. Информатизация систем менеджмента качества / Ю. Б. Башин, В. В. Лещенко // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Общественные науки. – 2011. – № 612. – С. 129–139.
24. Бельш, К. В. Организация бережливого производства на промышленных предприятиях / К. В. Бельш // Лин-технологии: Бережливое производство. – 2018. – № 5. – С. 513–530.
25. Бенделл, Т. Наставники качества. Сборник кратких очерков о самых знаменитых зарубежных деятелях в области качества / Т. Бенделл; пер. с

англ. А. Константинова при участии М. Розно. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2000. – 48 с.

26. Биктимирова, Г. Ф. Разработка метода информационно-технологического сопровождения качества автокомпонентов на этапах подготовки производства: автореферат ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Биктимирова Гузель Фанисовна. – Брянск, 2018. – 22 с.

27. Благовещенский, Д. И. Инструменты мониторинга удовлетворенности потребителей качеством автомобилей в эксплуатации / Д. И. Благовещенский, Н. А. Антонова, В. Н. Козловский, С. А. Васин // СТИН. – 2023. – № 1. – С. 30–35.

28. Богомолова, Л. ММИФ-2019: инженерное образование - ресурс технологического прорыва / Л. Богомолова // Русский инженер. – 2020. – № 1(66). – С. 9.

29. Болдырева, А. В. Применение информационных технологий в интегрированной системе менеджмента машиностроительных организаций / А. В. Болдырева, В. И. Борзов, А. А. Ахрамович // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 307–312.

30. Борисов, В. И. О единстве массы, энергии и информации / В. И. Борисов // Информация и космос. – 2001. – № 1. – С. 8–10.

31. Боровков, А. И. Современное инженерное образование / А. И. Боровков, С. Ф. Бурдаков, О. И. Клявин, М. П. Мельникова, В. А. Пальмов, Е. Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.

32. Буньков, Н. Г. На пути к системной инженерии в отечественной авиационной отрасли / Н. Г. Буньков, А. Ю. Баданов, Р. А. Рызванов // Авиационная промышленность. – 2020. – № 1–4. – С. 4–7.

33. Бычков, Е. В. Информационное обеспечение multifunctionальных систем автоматизации электрооборудования / Е. В. Бычков, С. Е. Степанов, А. Б. Васенин // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2019. – № 9 (122). – С. 14–21.

34. Вакуленко, Э. Ш. Совершенствование управления несоответствующей продукцией на машиностроительном предприятии / Э. Ш. Вакуленко, Я. В. Денисова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2023. – Т. 25. – № 3. – С. 103–111.

35. Вакуленко, Э. Ш. Усовершенствование процесса рекламационной деятельности на машиностроительном предприятии / Э. Ш. Вакуленко, Я. В. Денисова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21. – №2. – С. 156–166.

36. Вишневский, Ю. Р. Инженерное образование и воспроизводство инженерных кадров: практика и актуальные проблемы / Ю. Р. Вишневский, Л. Н. Боронина, Л. Н. Банникова // Инженерное образование. – 2017. – № 21. – С. 18-24.

37. Володенков, С. В. Цифровой суверенитет современного государства в условиях технологических трансформаций: содержание и особенности / С. В. Володенков, А. С. Воронов, Л. С. Леонтьева, М. Сухарева // Полилог. – 2021. – Т. 5. – № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polylogos-journal.ru/s258770110014073-2-1/> (дата обращения: 08.06.2022).

38. Воробьева, И. В. Возможности и риски импортозамещения для внешней и внутренней торговли продовольственными товарами / И. В. Воробьева, Т. А. Лукичева, К. А. Пецольдт // Тенденции развития мировой торговли в XXI веке. – 2019. – №5 – С. 25–27.

39. Вумек, Д. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Д. Вумек, Д. Джонс. – М.: Альпина Паблишер, 2013. – 480 с.

40. Гайсина, Д. Р. Анализ причин аварийных ситуаций на магистральных трубопроводах / Д. Р. Гайсина, Я. В. Денисова // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 14. – С. 129–130.

41. Галимов, Ф. М. Обеспечение качества испытаний в лабораториях на основе риск-менеджмента / Ф. М. Галимов, Б. Ф. Галимов // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 12(162). – С. 101–104.
42. Галимулина, Ф. Ф. Наилучшие доступные технологии в современной экономике: основа импортозамещения и инструмент перехода к циркулярной экономике / Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич, И. А. Зарайченко // Вестник университета. – 2022. – № 11. – С. 113–120.
43. Галимулина, Ф. Ф. Развитие методических инструментов оценки эффективности промышленных систем, адекватных стадиям становления технологического суверенитета / Ф. Ф. Галимулина // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 6 (119). – С. 132–138.
44. Галимулина, Ф. Ф. Управление промышленными системами в условиях новых вызовов: импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета и когнитивных технологий: монография / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2022. – 97 с.
45. Галимулина, Ф. Ф. Цифровые инструменты управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета / Ф. Ф. Галимулина // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022. – № 4(95). – С. 65–72.
46. Гасанов, Э. А. О. Становление сетевых кластеров в эпоху технологической конвергенции / Э. А. О. Гасанов // Экономика и управление инновациями. – 2021. – № 3 (18). – С. 75–86.
47. Гаффаров, Г. Г. Проблемы и перспективы повышения эксплуатационной надежности ГРМ двигателей КамАЗ / Г. Г. Гаффаров // Автомобильная промышленность. – 2022. – № 11. – С. 12–17.
48. Гималетдинова, А. Ф. Проектное управление в реализации стратегии развития ОАО «Казанькомпрессормаш» / А. Ф. Гималетдинова, Я. В. Денисова // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 14. – С. 134–135.

49. Гималетдинова, А. Ф. Управление проектами как инструмент для реализации стратегии ОАО «Казанькомпрессормаш» / А. Ф. Гималетдинова, Я. В. Денисова // Научная перспектива. – 2016. – № 6 (76). – С.67–69.
50. Глазьев, С. Ю. Об альтернативной системе мер государственной политики модернизации и развития отечественной экономики / С. Ю. Глазьев // Российский экономический журнал. – 2011. – № 4. – С. 68–86.
51. Голиченко, О. Г. Национальная инновационная система России: состояние и пути развития / О. Г. Голиченко. – М.: Наука, 2006. – 425 с.
52. Горбунов, А. В. Как улучшить СМК с помощью новой версии стандарта ISO 9004:2018 / А. В. Горбунов // Методы менеджмента качества. – 2018. – № 6. – С. 56-61.
53. ГОСТ 2.531–2023 Единая система конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Виды преобразований [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.minexp.ru/assets/files/GOST/gost-2-511-2011/gost-2-511-2011.pdf>
54. ГОСТ 2.810–2023 Единая система конструкторской документации. Электронный макет изделия. Общие требования [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200086144>
55. ГОСТ 2.001–2023 Единая система конструкторской документации. Общие положения [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200086145>
56. ГОСТ 2.053–2023 Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Основные положения [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200086146>
57. ГОСТ 7930-73 «Эмали НЦ-1125. Технические условия» (редакция от 1990-05-01).
58. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования / Москва: Стандартинформ, 2012. – 33с.

59. ГОСТ Р 53624-2009 Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Информационно-вычислительные системы. Программное обеспечение. Системы менеджмента качества. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080851> (дата обращения: 13.02.2024).

60. ГОСТ Р ИСО 45001-2020 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению

61. ГОСТ Р 53893 – 2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента».

62. ГОСТ Р 54088–2017 Интегрированная логистическая поддержка. Эксплуатационная и ремонтная документация в форме интерактивных электронных технических руководств. Основные положения и общие требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200158326>

63. ГОСТ Р 54089–2018 Интегрированная логистическая поддержка. Электронное дело изделия. Основные положения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200093493>

64. ГОСТ Р 55269-2012 «Системы менеджмента организаций. Рекомендации по построению интегрированных систем менеджмента».

65. ГОСТ Р 55344-2012/ISO/TS 18876-1:2003 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интеграция промышленных данных для их обмена, обеспечения доступа и коллективного использования. Часть 1. Обзор и описание архитектуры обзор [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200103591>

66. ГОСТ Р 56404-2015 «Бережливое производство. Требования к системам менеджмента».

67. ГОСТ Р 56407-2015 «Бережливое производство. Основные методы и инструменты» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2021/06/gost-r-56407-2015-berezhlivoe-proizvodstvo.-osnovnye-metody-i-instrumenty-pereizdanie_tekst.pdf

68. ГОСТ Р 57193-2016 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=8&month=12&year=2016&search=&id=205413>

69. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200026274>

70. ГОСТ Р ИСО 13584-42-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Библиотека деталей. Часть 42. Методология описания. Методология структурирования семейств деталей [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200103596>

71. ГОСТ Р ИСО 14001 – 2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»

72. ГОСТ Р ИСО 15531-1-2008 Промышленные автоматизированные системы и интеграция. Данные по управлению промышленным производством. Часть 1. Общий обзор [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200075092>

73. ГОСТ Р ИСО 19011-2021 Оценка соответствия. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2021. – 42с.

74. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство / Федеральное агентство по техническому регулированию».

75. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125>

76. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению».

77. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь Федеральное агентство по техническому регулированию. Москва: Стандартинформ, 2015.
78. ГОСТ Р ИСО 9000–2015: «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
79. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200068732?marker=7D20K3>
80. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.standards.ru/document/6105131.aspx>
81. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.standards.ru/document/6105131.aspx>
82. ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации» // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2019. – 62с.
83. ГОСТ РВ 0015-703-2019. Система разработки постановки на производство военной техники. Порядок предъявления и удовлетворения рекламаций. Основные положения // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2019.
84. Григорьева, Е. Ю. Применение статистических методов для повышения контроля качества выпускаемой продукции / Е. Ю. Григорьева, Я. В. Денисова // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 6. – С. 118–122.
85. Григорян, Е. С. Интегрированная система управления качеством на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: монография / Е. С. Григорян. – М.: ФГБУ «Издательство «Наука», 2022. – 162 с.

86. Гринкевич, Д. Минпромторг предложил способ достичь технологического суверенитета / Д. Гринкевич, Е. Кинякина, А. Бойко // Ведомости. 03 ноября 2022г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/11/03/948680-minpromtorg-predlozhit-sposob-dostich-tehnologicheskogo-suvereniteta> (дата обращения: 22.11.2022).

87. Гродзенский, С. Я. Выбор PDM –системы для информационной поддержки СМК / С. Я. Гродзенский, Е. А. Калачева, В. П. Киселевич // Стандарты и качество. – 2015. – №5. – С. 59–61.

88. Гродзенский, С. Я. Стандарты моделирования в CALS-технологиях / С. Я. Гродзенский, С. А. Овчинников, Е. А. Калачева // Вестник МГТУ МИРЭА. — 2013. – №1. – С. 67-71.

89. Давлетов, И. И. Управление качеством продукции машиностроительных предприятий / И. И. Давлетов // Московский экономический журнал. – 2021. – № 7. – С.53.

90. Деминг, Э. У. Выход из кризиса / Э.У. Деминг. – Тверь: Альба, 1994. – 498 с.

91. Денисова Я. В. Применение методов бережливого производства в реальном секторе экономики на примере «ФКП «НПО «Казанский завод точного машиностроения» / Я. В. Денисова, А. С. Петрова // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 2-1. – С. 181–192.

92. Денисова, Я. В. Инновационное развитие СМК на платформе цифровизации / Я. В. Денисова, А. А. Качмаржик, В. Ф. Сопин // В сборнике научных трудов двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством». – М.: Издательство Пробел-2000, 2021. – С. 128–132.

93. Денисова, Я. В. Использование процессного подхода для повышения эффективности системы управления качеством в машиностроительной компании ПАО "КУЗНЕЦОВ" / Я. В. Денисова, В. С. Александрова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81. – № 3 (81). – С. 313–319.

94. Денисова, Я. В. Модели управления качеством процессов производства продукции в машиностроении / Я. В. Денисова // Компетентность. – 2024. – №5. – С.29–32.
95. Денисова, Я. В. Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства / Я. В. Денисова, А. С. Петрова, В. Ф. Сопин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84. – № 2(92). – С. 315–323.
96. Денисова, Я. В. Современные возможности и ограничения цифровых систем менеджмента качества на промышленном предприятии / Я. В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – № 3. – С.93–98.
97. Денисова, Я. В. Способ организации сетевого обучения в интересах повышения качества подготовки студентов / Я. В. Денисова // Перспективы науки. – 2022. – № 7(154). – С. 135–138.
98. Денисова, Я. В. Тенденции развития предприятий машиностроительной отрасли при переходе к новому технологическому укладу / Я. В. Денисова // Инновации в менеджменте. – 2023. – № 3 (37). – С. 68–73.
99. Денисова, Я. В. Управление качеством процессов производства продукции машиностроения в сети / Я. В. Денисова // Омский научный вестник. – 2024. – № 1 (189). – С. 28–34.
100. Денисова, Я. В. Управление несоответствиями на предприятии с помощью статистических методов / Я. В. Денисова, Д. Ю. Козлова, В. Ф. Сопин // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 2. – С. 93–97.
101. Денисова, Я. В. Управление несоответствиями на предприятии с помощью статистических методов / Я. В. Денисова, Д. Ю. Козлова, В. Ф. Сопин // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 2. – С. 93–97.
102. Детерминанты развития экономики России в условиях цифровой трансформации и обеспечения технологического суверенитета: монография /

Н. Г. Вовченко, Н. Г. Кузнецов и др.; под ред. д.э.н., профессора Е. Н. Макаренко. – Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс Рост. гос. экон. ун-та (РИНХ), 2023. – 546 с.

103. Джордж, М. Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают улучшить бизнес / М. Джордж. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 464с.

104. Дзедик, В. А. Заповеди СМК: Карго-культ менеджмента качества / В. А. Дзедик // Business Аналитик. – 2011. – № 2. – С. 53–57.

105. Дзедик, В. А. Методологические подходы к совершенствованию систем менеджмента качества в условиях информатизации: диссертация ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Дзедик Валентин Алексеевич. – Волгоград, 2019. – 399с.

106. Дорохов, С. Б. Проблемы интеграции международных требований и отечественного опыта управления качеством продукции / С. Б. Дорохов // Контроль качества продукции. – 2021. – № 3. – С. 20–25.

107. Дорошенко, Е. В. Долгосрочные трудовые отношения как принцип производственного менеджмента в современной экономике: автореферат дис. ... канд. экон. наук: 05.02.22 / Дорошенко Елена Викторовна. – М., 2012. – 21с.

108. Дранкова, Н. А. Внедрение системы управления рисками для поддержания устойчивого развития предприятия / Н. А. Дранкова, Я. В. Денисова // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 8. – С. 207–212.

109. Дранкова, Н. А. Первичная адаптация персонала в рамках СМК с использованием цифровой платформы / Н. А. Дранкова, Я. В. Денисова // Компетентность. – 2023. – № 9-10. – С. 76–81.

110. Дранкова, Н. А. Практика успешного проведения аудита поставщиков с учетом риск-ориентированного подхода / Н. А. Дранкова, Я. В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Т. 25. – № 4 (114). – С. 13–22.

111. Дранкова, Н. А. Проблемы эффективности системы менеджмента качества и пути их решения в условиях новой экономической среды / Н. А. Дранкова, Я. В. Денисова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21. – №1. – С. 65–73.
112. Дранкова, Н. А. Проблемы эффективности системы менеджмента качества и пути их решения в условиях новой экономической среды / Н. А. Дранкова, Я. В. Денисова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 65–73.
113. Дьякович, М. П. Инженерное образование и развитие NBIC-конвергенции / М. П. Дьякович // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2019. – Т. 1. – С. 317–318.
114. Егорова, Л. Причины неэффективности систем менеджмента качества / Л. Егорова // Стандарты и качество. – 2006. – № 12. – С. 54–59.
115. Еронин, В. А. Управление качеством производства автокомпонентов на основе использования проектного подхода / В. А. Еронин, К. М. Степанова // Международный экспедитор. – 2020. – № 3. – С. 10–12.
116. Ештокин, С. В. Сквозные технологии цифровой экономики как фактор формирования технологического суверенитета страны / С. В. Ештокин // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Том 12. – № 3. – С. 1301–1314.
117. Жакевич, А. Г. Импортозамещение: проблемы и перспективы / А. Г. Жакевич // Вестник Международного института экономики и права. – 2015. – №. 1. – С. 11–18.
118. Закупки: программа импортозамещения. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ». [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://kamaz.ru/about/supplier/importozameshchenie/?ysclid=lsepppqt1k806761443> (дата обращения: 10.02.2024).
119. ЗАО «Электронные и механические измерительные системы» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://emis-kip.by/ru/company/about/>

120. Зеленцов, Л. Б. Информационное обеспечение процессов проектирования и управления в проектной организации при создании системы менеджмента качества (СМК) / Л. Б. Зеленцов, Н. Г. Акопян // Научное обозрение. – 2014. – № 11–2. – С. 507–510.
121. Имаи, М. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний / М. Имаи; Пер. Гутман Т. – 9-е изд. – М.: Альп. Бизнес Букс, 2016. – 274 с.
122. Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра: аналитический доклад [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf>
123. Интегрированная система менеджмента на основе международных стандартов ИСО 9001:2015, ИСО 14001:2015, ИСО 45001:2018 / Учебно-методический центр «Бизнес-класс» [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.bsclass.org. – 125 с.
124. Интегрированная система менеджмента на основе организационно-технической структуры предприятия / А. Е. Дайнеко, В. Е. Шолоник, Г. В. Подгорный [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – 2023. – Т. 12. – С. 299–302.
125. Исикава, К. Японские методы управления качеством / К. Исикава; сокр. пер. с англ.; науч. ред. и авт. предисл. А.В. Гличев. – М.: Экономика, 1988. – 216 с.
126. Исмаилова, Р. Н. Трудности внедрения ИСМ на предприятиях медицинской промышленности / Р. Н. Исмаилова, С. М. Горюнова // Компетентность. – 2021. – № 7. – С. 26–30.
127. Иткин, Б. А. Тенденции стандартизации кому адресована и для кого существует система менеджмента качества? / Б. А. Иткин // Методы менеджмента качества. – 2020. – № 4. – С. 8–13.
128. Калачева Е. А. Система менеджмента качества организации на основе интегрированной информационной среды: диссертация ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Калачева Елена Александровна. – Москва, 2016. – 178 с.

129. Кананухина, О. В. Управление качеством жизненного цикла изделий на основе ИПИ-технологий / О. В. Кананухина, И. В. Степанов // Известия СПбГЭТУ (ЛЭТИ). – 2010. – № 3. – С. 66–72.
130. Капырин, В. В. Системы управления качеством / В. В. Капырин, Т. Д. Корнев. – М.: «Европейский центр по качеству», 2002. – 324 с.
131. Кириченко, А. А. Оценка качества обучения при профессиональной переподготовке и повышении квалификации / А. А. Кириченко, Я. В. Денисова, С. В. Артюхина // Компетентность. – 2023. – № 2. – С. 12–17.
132. Клейнер, Г. Б. Системная парадигма и экономическая политика / Г. Б. Клейнер // Общественные науки и современность. – 2007. – № 2. – С. 141–149.
133. Князюк, Н. Ф. Информационное обеспечение системы менеджмента качества медицинской организации / Н. Ф. Князюк, И. С. Кицул // Врачи и информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 18–22.
134. Князюк, Н.Ф. Методология построения интегрированной системы менеджмента медицинских организаций: монография / Н. Ф. Князюк, И. С. Кицул. – М.: ИД «Менеджер здравоохранения», 2013. – 312 с.
135. Ковальчук, М. В РФ запустят новую программу для проектов, обеспечивающих технологический суверенитет / М. В. Ковальчук // ТАСС – российское государственное федеральное информационное агентство. 15 ноября 2022г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/16328607> (дата обращения: 22.11.2022)
136. Кодирова, О. Ю. Пределы эволюционной изменчивости информационных систем / О. Ю. Кодирова, Ф. Н. Билолова // Научные исследования. – 2017. – №5 (16). – С. 13–14.
137. Козловский, В. Н. Инструменты оценки реакции производителя на проблемы качества продукции / В. Н. Козловский, Д. И. Благовещенский, Д. В. Айдаров, Р. Д. Фарисов // Стандарты и качество. – 2022. – № 10. – С. 88–95.
138. Кондратьев, Н. Д. Проблемы экономической динамики / Н. Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1989. – 526 с.

139. Конев, К. А. Интегрированная система менеджмента качества и принятие решений / К. А. Конев // Менеджмент качества. – 2017. – № 3. – С. 230–240.
140. Концепция технологического развития на период до 2030 года // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. – 59 с.
141. Королева, М. А. Система менеджмента качества как основа устойчивого развития / М. А. Королева // Газовая промышленность. – 2021. – № 2 (812). – С. 117.
142. Костогрызov, А. И. О приоритетных направлениях развития системной инженерии / А. И. Костогрызov, А. А. Нистратов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 223–240.
143. Кочегаров, И. И. Информационные технологии проектирования / И. И. Кочегаров. – Пенза: Изд-во Пенс. Гос. Ун-та, 2007. – 97 с.
144. Кравченко, М. В. Об унификации обмена данными между разнородными средствами и системами в едином информационном пространстве / М. В. Кравченко, А. С. Никитин, С. И. Спиридонов // I-methods. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 1–21.
145. Кротова, М. В. Возможности методологии системного анализа применительно к разработке стратегии обеспечения технологического суверенитета России / М. В. Кротова // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2022. – №17-2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-metodologii-sistemnogo-analiza-primenitelno-k-razrabotke-strategii-obespecheniya-tehnologicheskogo-suvereniteta-rossii> (дата обращения: 23.11.2022)
146. Ксензова В. Э., Ксензов С. В. Влияние духовного императива на формирование системы институтов-коридоров Х-экономики // Journal of Institutional Studies. 2014. Т. 6, № 1. С. 107-118.

147. Куанова, Г. Е. История возникновения систем управления качеством / Г. Е. Куанова // Научный лидер. – 2021. – №20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://scilead.ru/article/552-istoriya-vozniknoveniya-sistem-upravleniya-kac>
148. Кузнецов ОДК [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kuznetsov-motors.ru/>
149. Лайкер, Д. Тао Toyota: 14 принципов управления ведущей мировой компанией / Д. Лайкер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2016. – 402 с.
150. Лapidус, В. А. Интегрированная система менеджмента качества и бережливого производства / В. А. Лapidус, А. Е. Олухов // Стандарты и качество. – 2017. – № 6. – С. 50–54.
151. Ларин, В. М. Проблемы управления качеством продукции / В. М. Ларин; под ред. Бенумана Б. Л. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. – 267 с.
152. Липина, С. А. Инновационная экономика 21 века: мировой опыт и практика / С. А. Липина // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 1. – С. 11–14.
153. Лучинин, В. Индустрия микро- и наносистем: от импортозамещения к технологическому суверенитету / В. Лучинин // Наноиндустрия. – 2018. – Т. 11. – № 6 (85). – С. 450–461.
154. Львов, Д. С. О стратегических проблемах долгосрочного развития / Д. С. Львов // Экономическая наука современной России. – 2003. – № 2. – С. 17–25.
155. Малышева, Т. В. Формирование методологических основ проектного подхода к организации экологических производственных систем / Т. В. Малышева, А. И. Шинкевич // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 4–2. – С. 228–233.
156. Мамонов, В. И. Некоторые аспекты концепции быстро реагирующего производства / В. И. Мамонов, В. А. Полуэктов, Е. М. Якутин // Сибирская финансовая школа. – 2014. – № 5 (106). – С. 49–52.

157. Мельников, В. П. Управление качеством для технических направлений / В. П. Мельников, В. П. Смоленцев, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. П. Мельникова. – Москва: КНОРУС, 2020. – 376 с.
158. Мендель П. Создание и расширение Международных Стандартов менеджмента: Глобальное распространение Сертификатов менеджмента качества ISO 9001. Нью-Йорк, 2020. – С. 12.
159. Меркулов, А. С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А. С. Меркулов, С. Д. Николенко, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 38–44.
160. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М. : Мир, 1978. С. 21.
161. Методические рекомендации по созданию и внедрению интегрированных систем менеджмента, соответствующих требованиям международных стандартов ISO 9001, ISO 14001 И OHSAS 18001. – 100 с.
162. Мешалкин, В. П. Основы интенсификации и ресурсоэнергоэффективности химико-технологических систем: монография / В. П. Мешалкин. – Смоленск: Принтэкспресс (Барнаул), 2021. – 442 с.
163. Мирошниченко М. А., Голобородько Е. О., Сарычева И. Н. Методология эффективного управления на основе принципов бережливого производства // Вестник Академии знаний. 2020. № 2 (37). С. 179–183.
164. Михайлов, О. С. Реализация конкурентных преимуществ региона на основе политики импортозамещения / О. С. Михайлов // Управление устойчивым развитием. – 2023. – №2 (45). – С.23–29.
165. Михненко, П. А. Методология математического моделирования и анализа процессов управления организационными изменениями: специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Михненко Павел Александрович. – Москва, 2018. – 350 с.
166. Могилко, Д. Ю. Управление качеством: модель процесса и компетенций / Д. Ю. Могилко // Менеджмент качества. – 2020. - №2. – С.86-104.

167. Мокрицкий, Б. Я. Примеры решения проблемы сокращения инструментальных затрат в машиностроении / Б. Я. Мокрицкий // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2011. – № 3. – С. 128-133.
168. Мухин, М. П. Оценка зрелости и устойчивое развитие системы менеджмента качества / М. П. Мухин, С. А. Одинокое // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 6(87). – С. 228–233.
169. Мышенков, К. С. Классификация стандартов в области качества информационных систем и программных средств / К. С. Мышенков, П. А. Павлов, С. А. Тоноян // Радиопромышленность. – 2017. – № 4. – С. 151–162.
170. Набатников, Ю. Ф. Импортозамещение в машиностроении / Ю. Ф. Набатников // Бурение и нефть. – 2018. – № 7-8. – С. 62-65.
171. Национальные стандарты зарубежных стран [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://nd.gostinfo.ru/group/en-standarts.aspx>
172. Несмачных, О. В. Принципы формирования, стратегического управления и оценки эффективности промышленного кластера / О. В. Несмачных // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 409.
173. Нечеухина, Н. С. Принципиальные подходы к техническому перевооружению машиностроительных предприятий / Н. С. Нечеухина, Н. А. Полозова // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования. – Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь), 2015. – С. 77-85.
174. Новаторство в отношении регионального качества [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.quality.eup.ru/MATERIALY13/novator-region.htm?ysclid=lcuspixyr173971140>
175. Нургалиев, Р. К. Методология организации управления нефтехимическим предприятием на принципах индустрии 4.0: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.22 / Нургалиев Рустам Карлович. – Казань, 2021. – 34 с.

176. О промышленной политике в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 31.12.2014 №488-ФЗ // Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173119/ (дата обращения: 24.08.2023).

177. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. №145 // Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>

178. Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.04.2023 N 603 (ред. от 06.11.2024) // Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_444820/

179. Области применения стандарта ISO 9001 и СМК, область сертификации СМК // Контроль качества продукции. – 2016. – № 9. – С. 58-59.

180. Опыт внедрения системы менеджмента качества лабораторных исследований в сочетании с информатизацией и централизацией отдельных видов исследований на базе ГАУЗ «РКБ им. Н.А. Семашко» / Кожевников В. В., Лудупова Е. Ю., Мункоева Д. М. [и др.] // Лабораторная служба. 2016. Т. 5, № 4. С. 55-61.

181. Официальный сайт ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/>

182. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://kamaz.ru/investors-and-shareholders/information-disclosure/annual-report/> (дата обращения: 19.05.2024).

183. Павлова, А. В. Методология управления изменениями в организации машиностроительного производства: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 05.02.22 / Павлова Аделия Вадимовна. – Казань, 2011. – 47 с.

184. Перетолчин А. Четыре главные ошибки при внедрении СМК [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://kachestvo.pro/kachestvo-upravleniya/sistemymenedzhmenta/chetyre-glavnye-oshibki-pri-vnedreniismk/>

185. Петухов, П. Н. Автоматический контроль и управление качеством продукции в процессе высокочастотной сварки пластмасс / П. Н. Петухов, Ю. П. Юленец // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2020. – № 54(80). – С. 76-79.

186. Пивоварова, К. Г. Управление качеством метизной продукции на основе робастного параметрического проектирования / К. Г. Пивоварова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2021. – Т. 19, № 3. – С. 84-89.

187. Повышенова, А. Г. Преимущества и ограничения интегрированной системы управления: теоретический взгляд / А. Г. Повышенова // Social Technologies. – 2020. – №1 (1). – С. 25–36.

188. Поддержка системы менеджмента качества с помощью программных решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://quality.eup.ru/MATERIALY14/Support_of_system_of_quality_management_by_means_of_program_decisions.htm

189. Поиск патентов // Роспатент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://searchplatform.rospatent.gov.ru/>

190. Полтерович, В. М. Проблема формирования национальной инновационной системы / В. М. Полтерович // Экономика и математические методы. – 2009. – № 2. – С. 3–18.

191. Поляков, В. А. Анализ технико-экономических парадигм "технологический уклад" и "индустрия" / В. А. Поляков, И. В. Фомичева // Известия Тульского государственного университета. – 2019. – № 1–1. – С. 30-38.
192. Пономарева, М. А. Система менеджмента качества на предприятии – эффективное управление затратами / М. А. Пономарева // Самоуправление. – 2020. – № 3 (120). – С. 353–357.
193. Попова О.Р., Увайсов С.У. CALS –современные технологии управления жизненным циклом продукта // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2012. – С.462 - 463.
194. Попова, Д. Д. Исследование влияния параметров сеточной модели и модели турбулентности на качество моделирования аэродинамических процессов в области радиального зазора рабочих лопаток турбины / Д. Д. Попова, Д. А. Попов, Н. А. Самойленко // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2021. – № 66. – С. 67–78.
195. Попова, И. Н. Импортозамещение в современной России: проблемы и перспективы / И. Н. Попова, Т. Л. Сергеева // BENEFICIUM. – 2022. – № 2(43). – С. 73–84.
196. Принцип Парето утверждает, что 20% факторов обеспечивают 80% результата. Теория ограничений говорит. Интервью Д. Кузина с О. Коуэном [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://zubryru.livejournal.com/130064.html>
197. Просвирина Н. В. Особенности управления производственным процессом промышленного предприятия на основе концепции бережливого производства / Н. В. Просвирина, А. И. Тихонов // Московский экономический журнал. 2019. № 11. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 10.24411/2413-046X-2019-10152
198. Протасов, В. Н. Качество машиностроительной продукции на различных стадиях ее жизненного цикла / В. Н. Протасов, О. А. Новиков. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2012. – 231 с.

199. Развитие конструкции и технологии производства нового поколения дизельных двигателей КАМАЗ Р6 / И. Ф. Гумеров, Д. Х. Валеев, А. С. Куликов [и др.] // Двигателестроение. – 2020. – № 1(279). – С. 30-39.

200. Разработка системы менеджмента качества // Система бизнес-моделирования Business Studio – описание, моделирование, оптимизация бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/qms/qms>

201. РБК: «КАМАЗ объяснил рост числа жалоб на импортозамещенный премиум-грузовик». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/26/01/2024/65b3ba919a794756ad4c6df4?ysclid=lseqk8zh5o894412665> (дата обращения: 10.02.2024).

202. Ребезов, М. Б. Интегрированные системы менеджмента качества на предприятиях пищевой промышленности: монография / М. Б. Ребезов, Н. Н. Максимюк, О. В. Богатова, Н. Г. Курамшина, Е.С. Вайскрובה. – Магнитогорск: МаГУ, 2009. – 357 с.

203. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов: 7-е изд. М.: РИА «Стандарты и статистика», 2009. – 408 с.

204. Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов III Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых в четырех томах. Том 2. Томск, 2014.

205. Российский институт стандартизации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.gostinfo.ru/>

206. Росстат [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705>

207. Рубцов, А. В. Информационные технологии в системе менеджмента качества на примере деревообрабатывающих предприятий г. Лесосибирска / А. В. Рубцов, М. В. Мордвинов // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 1 (ч.2). – С. 562–569.

208. Сайфутдинова, А. Р. Анализ затрат предприятия на внедрение интегрированной системы менеджмента и определение экономической выгоды / А. Р. Сайфутдинова, Я. В. Денисова // Web of Scholar. 2016. № 3 (3). С. 30-31.
209. Самое главное в контроле качества – это качество контроля! // Контроль качества продукции. – 2022. – № 12. – С. 62-63.
210. Селиверстов, А. С. Система 5S как метод повышения эффективности деятельности предприятия / А. С. Селиверстов, В. В. Постнов, В. В. Лукина // Молодой ученый. 2020. № 42 (332). С. 132–134.
211. Селиверстов, Ю. И. Западным санкциям Россия должна противопоставить импортозамещение и инновации / Ю. И. Селиверстов, Е. Н. Чижова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 5-3. – С. 442–449.
212. Система менеджмента качества и экологии // НПП «СпецТек» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trim.ru/informacionnyye-sistemy/sistema-menedzhmenta-kachestva-i-ekologii>
213. Скворцова, К. Е. Роль менеджмента качества для предприятий общественного питания в условиях пандемии коронавирусной инфекции / К. Е. Скворцова, Я. В. Денисова, В. Ф. Сопин // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2020. № 2. С. 114–117.
214. Смирнов, В. В. Теоретические аспекты процесса обеспечения качества продукции / В. В. Смирнов // Вестник Чувашского университета. – 2009. – № 3. – С. 509–516.
215. Соловьева, И. П. Организационные основы оптимизации затрат промышленных предприятий / И. П. Соловьева, Т. А. Асаева, А. И. Игнатьев // Экономика и управление в машиностроении. – 2012. – № 3. – С. 47–50.
216. Стандарты управления рисками // FERMA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-russian-version.pdf>

217. Степанова К. М., Сущев А. К. Организация обслуживания оборудования по методу ТРМ в производстве автокомпонентов // Современные материалы, техника и технологии. 2018. №1 (16). С. 72–77.
218. СТО 617.110.001–2018. СМК. Учет брака в производстве. Казань, 2018.
219. СТО 617.110.131–2022. СМК. Входной контроль ПКИ. Порядок проведения. Казань, 2022.
220. СТО 617.115.246–2021. СМК. Закупки. Порядок управления. Казань, 2021.
221. СТО 617.176.367–2020. СМК. Порядок проведения аудита предприятий-поставщиков (изготовителей) покупных комплектующих изделий и материалов. Казань, 2020.
222. СТО 7512619.01.035–2013. Процессная модель организации.
223. Стратегия развития автомобильной промышленности России на период до 2025. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://iz.ru/1150086/khariton-galitskii/upustili-detali-rossiiskii-avtoprom-stal-silnee-zaviset-ot-importa> (дата обращения: 05.07.2023).
224. Стриженко, О. А. Бережливое производство в России / О. А. Стриженко // Актуальные вопросы экономических наук. – 2012. – № 26. – С. 324–327.
225. Суетина Т. А. Проектное управление организацией машиностроительного производства // Российское предпринимательство. - 2010. - № 10 (1). – С. 95–100.
226. Сури, Р. Время-деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства БИНОМ. – Лаборатория знаний: 2013. – 236с.
227. Сухомлин, В. А. Система международной стандартизации в области ИТ, ее роль в развитии информационной индустрии и принципы функционирования / В. А. Сухомлин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2022. – Т. 18. – № 2. – С. 412–440.

228. Сысоева С. В. Сущность категории «информатизация» в постиндустриальной экономике // Вестник Омского университета. 2011. № 3. С. 330–335.

229. Ташенова, Л. В. Цифровая платформа системообразующего инновационно-активного промышленного кластера: понятие, особенности и структура / Л. В. Ташенова, А. В. Бабкин // Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием «Кластеризация цифровой экономики: глобальные вызовы»: в 2-х томах. Т. 1. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 196–208.

230. Ташкинов, А. Г. Влияние комплексного внедрения бережливого производства на эффективность развития производственной системы предприятия / А. Г. Ташкинов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2022. – № 4. – С. 329–358.

231. Технологический суверенитет – план действий [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/69019>.

232. Технологическое развитие отраслей экономики. Официальный сайт Росстата [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189>.

233. Тимонин, И. В. Актуальные задачи трансформации организационной структуры предприятия автопроизводителя при стратегическом усилении функций дирекции по качеству / И. В. Тимонин, Г. А. Васин, В. Н. Козловский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2026. – № 5. – С. 61–68.

234. Титов, А. В. Импортозамещение в условиях действия международных финансово-экономических санкций: история вопроса и современное состояние проблемы / А. В. Титов // Экономические науки в России и за рубежом. – 2014. – № 15. – С. 52–55.

235. Трунова Е. Ю., Орлов Я. В., Васильев А. Н. Процессы информатизации в экономике устойчивого развития // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2011. № 23. С. 80-86.

236. Туровец, О. Г. Принципы формирования интегрированной организационно-производственной структуры / О. Г. Туровец, Р. Е. Золоторев // Организатор производства. – 2011. – № 3 (50). – С. 12–13.

237. Управление качеством в электроэнергетике. Процессный подход / Н. В. Савина, А. Н. Кудряшов. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 104 с.

238. Управление качеством процессов и продукции. В 3-х кн. Кн. 2: Инструменты и методы менеджмента качества процессов в производственной, коммерческой и образовательной сферах / С. В. Пономарев, Г. А. Соседов, Е. С. Мищенко и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 212с.

239. Управление корректирующими и предупреждающими действиями (SAPA, GMP) // Directum. Цифровые решения для управления процессами и документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.directum.ru/solution/management_sapa_gmp

240. Управление отклонениями (GMP) // Directum. Цифровые решения для управления процессами и документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.directum.ru/solution/management_deviations_gmp

241. Уразметова, Д. Р. Методика оценки синхронности параметров процесса преобразования системы организации современного машиностроительного производства / Д. Р. Уразметова, И. В. Тимонин, Г. А. Васин, В. Н. Козловский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2026. – № 4. – С. 23–35.

242. Фазылова, Н. Н. Сравнение систем контроля качества проектирования в российских и зарубежных экономических системах / Н. Н. Фазылова, С. М. Ергин // Сборник материалов 11-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы социально-экономических исследований». – Махачкала: Издательский дом "Апробация", 2016. – С. 16–18.

243. Фальцман, В. К. Технологические суверенитеты России. Статистические измерения / В. К. Фальцман // Современная Европа. – 2018. – № 3 (82). – С. 83–91.

244. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/systems/opendatapp>.

245. Федоркова, Н. В. Теория и методология организации конкурентоспособного производства: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 05.02.22 / Федоркова Наталия Вадимовна. – Воронеж, 2004. – 35 с.

246. Филатов, В. В. Внедрение принципов управления качеством Эдвардса Деминга и Масааки Имаи в производственный менеджмент ГУП «Мосгортранс» / В. В. Филатов, Т. П. Горелова, Т. Б. Серебровская, М. И. Литвина // Муниципальная академия. – 2022. – № 1. – С. 88–95.

247. Форд, Г. Сегодня и завтра. Кодекс миллиардера / Г. Форд; пер. с англ. Ст. Вольского. – М.: Издательство АСТ, 2019. – 320 с.

248. Фролова, Е. А. Методика автоматизации и цифровизации предпроизводственного этапа для обеспечения качества процессов при изготовлении радиоэлектронной продукции / Е. А. Фролова, П. С. Зайцев // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 3(165). – С. 151–154.

249. Фукс, В. И. Информационное обеспечение оценки результативности внедрения системы менеджмента качества / В. И. Фукс, В. Ф. Белкин // Вопросы радиоэлектроники. – 2010. – Т. 3. № 3. – С. 179-189.

250. Хасанов, Р. Ш. Практическая реализация современных методов организации производства и логистики на АО «ПОЗИС» / Р. Ш. Хасанов, М. Н. Стяжкин, М. Ф. Сафаргалиев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27, № 3-2(125). – С. 360–371.

251. Херсонский, Н. С. Практические подходы и проблемы интегрированных систем менеджмента, соответствующих требованиям международных

стандартов ISO 9001, ISO14001, OHSAS 1800, SA 8000 и др. / Н. С. Херсонский, В. Н. Рожков. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://quality.eup.ru/MATERIALY11/integration2.htm> (дата обращения: 05.07.2023).

252. Царик, В. Д. Модели интегрированных систем менеджмента / В. Д. Царик // Финансовые рынки и банки. – 2022. – №5. – С. 56–60.

253. Цветков, В. Я. Сложные технические системы / В. Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10–4. – С. 670–670.

254. Цедилин, А. Н. Принципы перехода химической и смежных отраслей промышленности в постиндустриальный технологический уклад / А. Н. Цедилин, Д. А. Макаренков, М. Г. Беренгартен // Промышленные процессы и технологии. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 23–34.

255. Центр сертификации и лицензирования. Сколько времени занимает внедрение системы менеджмента качества, основанной на ISO 9001? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://1cert.ru/vopros-otvet/skolko-vremeni-zanimaet-vnedrenie-smk>

256. Цисарский, А. Д. Разработка механизмов и инструментария проектного менеджмента при создании ракетно-космической техники: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Цисарский Александр Дмитриевич. – Москва, 2017. – 32 с.

257. Чеплин М.В. Необходимость внедрения PLM на производственных предприятиях – модная тенденция или необходимость? // Деловой портал «Управление производством». – 2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/information_systems/project/plm-koncepciya.html

258. Шадрин, А. Д. Системная инженерия в менеджменте качества предприятия / Шадрин А. Д. // Стандарты и качество. – 2016. – № 1. – С. 58–61.

259. Шальнев, М. О. Применение методов бережливого производства для улучшения управления производственными процессами на химическом

предприятия / М. О. Шальнев, Я. В. Денисова // Омский научный вестник. 2023. № 3 (187). С. 60-67.

260. Шестаков, А. Л. Проблемы российских предприятий, подходы к их решению причины проблем / А. Л. Шестаков // Стандарты и Качество. – 2007. – №5. – С. 27–33.

261. Шинкевич, А. И. Моделирование факторов сетевого взаимодействия машиностроительных предприятий и научного сектора / А. И. Шинкевич, Я. В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т.26. – №2. – С. 70–79.

262. Шинкевич, А. И. Некоторые аспекты обеспечения технологического суверенитета научно-производственного предприятия / А. И. Шинкевич, В. А. Шогенов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2023. – Т.25. – №1. – С.23–27.

263. Шинкевич, А. И. Проектирование продукции на платформе PLM: метод структурирования функции качества QFD / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Д. В. Харитонов // Компетентность. – 2023. – № 3. – С. 50-54.

264. Шинкевич, А. И. Совершенствование подхода к управлению сетевыми взаимодействиями предприятий машиностроения на основе информационного обеспечения системы менеджмента качества / А. И. Шинкевич, Я. В. Денисова // Петербургский экономический журнал. – 2024. – №2. – С.36–45.

265. Шинкевич, М. В. Управление отраслевой конвергенцией в высокотехнологичном секторе / М. В. Шинкевич, Р. П. Якунина, А. А. Лубнина // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2022. – № 4 (68). – С. 57–62.

266. Шипилова, К. В. Основные аспекты концепции Quick response manufacturing / К. В. Шипилова // В сборнике Третьей Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в фундаментальных и прикладных исследованиях». – Рязань, 2015. – С. 67–72.

267. Шичков, Н.А. Система менеджмента качества, интегрированная с контроллингом предприятия / Н. А. Шичков // Организатор производства. – 2014. – № 3 (62). – С. 80–85.

268. Шушунова, Т. Н. Трансформация отечественной экономической модели в целях обеспечения технологического суверенитета / Т. Н. Шушунова, Е. В. Ситников // Экономическая безопасность. – 2023. – Том 6. – № 3. – С. 925-940.

269. Щейников, С. Реализация практик модели ориентированной системной инженерии в комплексном PLM-решении от Siemens Digital Industries Software / С. Щейников // САПР и графика. – 2020. – № 11 (289). – С. 50–55.

270. Эксплуатация, обслуживание, утилизация [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://poisk-ru.ru/s36180t1.html>

271. Яковец, Ю. В. Прогноз инновационного развития России на период до 2030 года с учетом мировых тенденций / Ю. В. Яковец, Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин // Инновации. – 2005. – № 1–2. – С. 19–28.

272. Яхиауи, Б. Модель управления и прогнозирования качества продукции в условиях потенциально опасного процесса вулканизации автомобильных шин / Б. Яхиауи, А. А. Митрохин, В. Л. Бурковский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 3(26). – С. 21.

273. Abdulhasan, S. J. Evaluate universal processes of quality management system in the military construction organization / S. J. Abdulhasan, M. Jaafar, A. A. Jasim, R. B. Varadharajan // Proceeding of 3rd International Conference on Liveable Cities, 2015. – Pp. 187–194.

274. About IATF 16949:2016 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.iatfglobaloversight.org/iatf-169492016/about/>

275. Babenko, A. G. Controlled object structural identification in the production unit optimal control problem / A. G. Babenko, E. V. Kotegova // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – No. 6. – С. 59-68.

276. Bauer, M. Europe's Quest for Technology Sovereignty: Opportunities and Pitfalls / M. Bauer, F. Erixon // Eripe occasional paper. – 2020. – №2. – 43p.
277. Biazzo, S. Process management practices and quality systems standards: risks and opportunities of the new ISO 9001 certification / S. Biazzo, G. Bernardi // Business Process Management Journal. – 2003. – Vol. 9(2). – Pp. 149-169.
278. Boehm, B. Principles for Successful Systems Engineering / B.W. Boehm, S. Koolmanojwong, J.A. Lane, R. Turner // Procedia Computer Science. – 2012. – Vol. 8. – P. 297–302.
279. Boussabeur, M. T. Current control of Z-source four-leg inverter for autonomous photovoltaic system based on model predictive control / M. T. Boussabeur, B. Rabhi, R. Aboelsaud, A. Ibrahim, D. Toumi, L. Zellouma, A. G. Garganeev // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. – 2021. – Vol. 332, No. 7. – Pp. 165-171.
280. Bruton, H. J. A Reconsideration of Import Substitution / H. J. Bruton // Journal of Economic Literature. – 1998. – Vol. 36(2). – Pp. 903–936.
281. CALS-идеология и технология в интегрированной системе управления качеством продукции [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://gekoms.org/2021/06/04/cals-ideologija-i-tehnologija-v-integrirovannojsisteme-upravlenija-kachestvom-produkcii/>
282. CEN-CENELEC [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.cencenelec.eu/>
283. DIN EN ISO 9001-2015 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6107243>
284. Edler, J. Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means / J. Edler, K. Blind, H. Kroll, T. Schubert // Research Policy. – 2023. – №52. – P.104765.
285. Edler, J. Technology sovereignty. From demand to concept. 2020. [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology_sovereignty.pdf

286. Grudzień Ł., Hamro A. Information quality in design process documentation of quality management systems // International Journal of Information Management. 2016. V. 36. № 4. P. 599–606.
287. Hardcopf, R. Бережливое производство и операционная эффективность: влияние организационной культуры / R. Hardcopf, L. Gensheng, R. Shahc // International Journal Production Economics. – 2010. – №125.
288. Hazrat, M. A. Developing a Skilled Workforce for Future Industry Demand: The Potential of Digital Twin-Based Teaching and Learning Practices in Engineering Education / M. A. Hazrat, N. M. S. Hassan, A. A. Chowdhury, M. G. Rasul, B. A. Taylor // Sustainability. – 2023. – № 15. – P. 16433.
289. Hitchins, D. What are the General Principles Applicable to Systems? // INCOSE INSIGHT. – Vol. 12. – Issue 4. – 2009. – P. 59–64.
290. International Electrotechnical Commision [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.iec.ch/homepage>
291. International Telecommunication Union [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>
292. ISO 8879:1986 Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/16387.html>
293. Juran, J. M. The quality trilogy: A universal approach to managing for quality / J. M. Juran // Quality Progress. – 1986. – Vol. 19(8). – Pp. 19-24.
294. Kuru, A. Мульти-критические методы принятия решений в интегрированных системах управления подходы и приложения к его использованию / A. Kuru, B. Acid // Журнал Рекомендаций. – 2018. – №10(38). – С.129–144.
295. López-Figueroa, J.C. Updating a Quality Management System for a Mexican Industrial Organization: Case Study. / J.C. López-Figueroa, E.A. Lagarda-Leyva, R.D. Fornés-Rivera, A. Bueno-Solano // Businesses. – 2024. – № 4. – P. 39–52.

296. Mazzucato, M. Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities / M. Mazzucato // *Industrial and Corporate Change*. – 2018. – Vol. 27. – Issue 5. – Pp. 803-815.
297. Miles, M. Environmental Marketing: A Source of Reputational, Competitive, and Financial Advantage / M. Miles, J. Covin // *Journal of Business Ethics*. – 2000. – №23 (3). – Pp. 299–311.
298. Miller A., Miller M. Study of the problems of technological integration in the manufacturing industry in Russia // *Strategic Management*. 2019. T. 24. Vol. 3. Pp. 33–42.
299. Schot, J. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change / J. Schot, W. E. Steinmueller // *Research Policy*. – 2018. - №47. – Pp. 1554-1567.
300. Schumpeter, J. *History of Economic Analysis* / J. Schumpeter. –Oxford University Press, 1954. – 1260p.
301. Shetwan A.G., Vitanov V.I., Tjahjono B. Allocation of quality control stations in multistage manufacturing systems // *Computers & Industrial Engineering*. 2017. vol. 60, pp. 473-484.
302. Shinkevich, A. I. Modelling of Energy Efficiency Factors of Petrochemical Industry / A. I. Shinkevich, S. S. Kudryavtseva, I. G. Ershova // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2020. – Vol.10(3). – Pp. 465–470.
303. Song, J. Synergy Management of a Complex Industrial Production System from the Perspective of Flow Structure / J. Song, Z. He, L. Jiang, Z. Liu, X. Leng, // *Systems*. – 2023. – № 11. – P. 453.
304. Tiwaria, P. J. Устойчивая структура бережливого производства с практической реализацией: теория, основанная на практике / P. J. Tiwaria, S. Ch. E. Kiarash // *International Journal Production Economics*. – 2010. – №125.
305. Xiang, F. A Novel Training Path to Promote the Ability of Mechanical Engineering Graduates to Practice and Innovate Using New Information Technologies / F. Xiang, J. Cao, Y. Zuo, X. Duan, L. Xie, M. Zhou // *Sustainability*. – 2024. – № 16. – P. 364.

306. Yergozhina, Zh. Quality control Performance analysis with the Machine Performance Check software to Check the vitalbeam linear accelerator / Zh. Yergozhina, A. Kassymov, M. Idinov, A. Khazhidinova // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences. – 2021. – No. 4(4). – Pp. 31-34.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Предлагаемые инструменты и прогнозируемый эффект от внедрения БП в цехах АО «Казанькомпрессормаш»

№ п/п	Цех	Проблема	Инструмент БП	Обоснование выбора инструмента БП	Прогнозируемая эффективность
1	2	3	4	5	6
1	Котельно – сварочный цех № 2	Во время изготовления перемешиваются трубы и трубопроводы из легированной стали с трубами и трубопроводами из углеродистой стали. По всем требованиям это запрещается. Также запрещается совместное хранение обрабатываемого инструмента по легированным и углеродистым сталям	Визуализация	Поможет лучше отслеживать различия между легированной и углеродистой сталью, а также обеспечить четкое обозначение зон хранения	5–10%
			Система 5S	Улучшит организацию рабочего пространства, что приведет к уменьшению количества ошибок при хранении и обработке материалов	5–10%
			Выравнивание производства и поставок	Оптимизация производственных процессов и улучшение согласования поставок снизит вероятность смешивания труб и трубопроводов из разных сталей	5–10%
2	Механический цех № 4	Часто возникают поломки станочного оборудования	Стандартизованная работа	Создание стандартов работы поможет уменьшить вариации в процессах и сократить вероятность ошибок, что приведет к снижению поломок оборудования	5–10%

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
			Визуализация	Визуализация состояния оборудования и текущих задач позволит своевременно выявлять отклонения и принимать меры для предотвращения поломок	5–10%
			TPM (всеобщий уход за оборудованием)	Регулярное профилактическое обслуживание и вовлеченность всех сотрудников в процесс ухода за оборудованием значительно сократят количество поломок и увеличат время безаварийной работы	10–15%
3	Цех покраски и упаковки № 29	Потеря времени на поиск деталей, материалов и утеря деталей и покупных комплектов на цеховом складе	Визуализация	Организация рабочего пространства и упорядочение хранения материалов позволит значительно снизить потери времени на поиск и повысить общую эффективность работы	5–10%
			Система 5S	Улучшит организацию рабочего пространства, что приведет к уменьшению количества ошибок при хранении и обработке материалов	5–10%
			Стандартизированная работа и принцип «Вторая полка»	Внедрение стандартов и использование второго уровня хранения способствует улучшению доступа к часто используемым материалам, что сокращает время на их поиск	10–15%

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
			Карта потока создания ценности	Создание карты потока поможет визуализировать текущие процессы и выявить узкие места, что позволит улучшить логистику и организацию хранения материалов	10–15%
4	Механосборочный цех № 32	Частые поломки станочного оборудования	Стандартизованная работа	Создание стандартов работы поможет уменьшить вариации в процессах и сократить вероятность ошибок, что приведет к снижению поломок оборудования	5–10%
			Визуализация	Визуализация состояния оборудования и текущих задач позволит своевременно выявлять отклонения и принимать меры для предотвращения поломок	5–10%
			ТРМ (всеобщий уход за оборудованием)	Регулярное профилактическое обслуживание и вовлеченность всех сотрудников в процесс ухода за оборудованием значительно сократят количество поломок и увеличат время безаварийной работы	10–15%
		Потеря времени на поиск деталей до и после балансировки. Техника безопасности	Визуализация	Применение визуальных сигналов поможет сократить время на поиск необходимых деталей и материалов	5–10%
			Система 5S	Организация рабочего пространства с помощью 5S поможет привести к упрощению поиска и снижению беспорядка, что улучшит безопасность и эффективность	5–10%

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
			Система SMED	Ускорение процессов переналадки и перехода между задачами поможет минимизировать время простоя и повысить общую продуктивность, что косвенно уменьшит время на поиск деталей	5–10%
			Карта потока создания ценности	Анализ текущих процессов позволит выявить узкие места и неэффективности, что позволит лучше настроить потоки материала и уменьшить время на поиск	10–15%