



Анашкин Дмитрий Александрович

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТОВ
ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗДЕФЕКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
В ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

2.5.22. Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань – 2024

Работа выполнена в Акционерном обществе «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» имени А. Г. Ромашина»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент,
заслуженный изобретатель РФ
Харитонов Дмитрий Викторович

Официальные оппоненты: **Гусева Татьяна Валериановна**
доктор технических наук, профессор, федеральное
государственное автономное учреждение «Научно-
исследовательский институт «Центр экологической
промышленной политики», заместитель директора;

Опарина Людмила Анатольевна
доктор технических наук, доцент, федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ивановский
государственный политехнический университет»,
заведующий кафедрой организации производства и
городского хозяйства.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,
г. Казань.

Защита состоится 20 декабря 2024 года в 14.00 на заседании диссертационного
совета 24.2.312.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет» (420015, г. Казань, ул. К. Маркса,
д. 68, зал заседаний Ученого совета, А – 330).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский технологический университет» и на сайте
<https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=522282>

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.312.08,
доктор экономических наук, доцент



Кудрявцева
Светлана
Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Оборонно-промышленный комплекс РФ состоит из более чем 1300 организаций, в которых работает почти 2 млн работников. В силу специфики госзаказа задача повышение объема выпуска продукции чаще всего решается путем увеличения количества оборудования, людей и площадей. Это формирует систему организации производства, в которой максимально стимулируется рост издержек. В то же время в данный момент реализуются федеральные программы перевооружения, которые требуют быстрого и кратного роста производительности. Отраслевой рынок также отличается отсутствием конкурентов и/или высокая специфичность (научоёмкость) выпускаемой продукции. При этом дорогостоящая технология производства и высокие, во многом искусственно созданные издержки, не позволяют реализовать положительный эффект масштаба от совершенствования организации производства предприятиям ОПК. Существуют сложности вывода продукции на гражданский рынок из-за неконкурентоспособности цены, отсутствия маркетинга, патентной чистоты выпускаемой продукции, длительных сроков выполнения заказа и т. д. Дополнительное негативное давление создают санкции со стороны западных стран, которые отрезают предприятия оборонно-промышленного комплекса от поставок современного оборудования и уменьшают потенциальный рынок сбыта.

Сложившиеся обстоятельства делают проблематичной эффективную работу предприятий без научно-обоснованных изменений в организации производства, в том числе в рамках масштабной программы повышения производительности производства, прежде всего, выявления внутренних резервов снижения материалоемкости, организации бездефектного производства, снижения потерь ресурсов для значительной части предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Степень разработанности проблемы. Организация системы бездефектного производства и его разновидностей отображена в работах иностранных и отечественных авторов. Активно вопросами постоянного совершенствования качества стали заниматься в 20 веке. Среди наибольший и заметный след оставили Шухард У. и его активный последователь Деминг Э. Вопрос качества на национальном уровне был активно поднят Японцами во второй половине 20-го века. В последствие работа, связанная с повышением качества и производительности, кристаллизовалась в концепцию, получившую в последствие название Lean production или Бережливое производство. Среди тех, кто внес наибольший вклад в становление и развитие концепции бережливого производства можно отметить: Оно Т., Синго С., Имаи М., Исикава К., Голдратт Э., Вумек Дж., Лайкер Дж., Левинсон У. и др. В России бездефектное производство развивается своим путем за счет большого количества наработок научной организации труда в СССР и их адаптации к рыночным условиям благодаря Баранову А., Давыдовой Н. С., Адлеру Ю. П., Бабушкину В. М. и др. Теория развития производства дополняется ориентирами на циклическую экономику, ресурсосбережения и цифровизации, среди авторов можно отметить вклад Гусевой Т. В., Шинкевича А. И. Сопина В. Ф., Кудрявцевой С. С., Малышевой Т. В. и др.

Проблемы оборонно-промышленного комплекса и отличие от гражданского рынка в организации производства нашли свое отражения в работах Есаулова В. Н., Опариной Л.

А., Пошелюжного С. В., Попкова Д. О., Харитонов Д. В., Маликовой Д. М., Филатова И. Н., Бойковой А. В., Андреевой И. А. и др. ученых и специалистов.

Вместе с тем теория бездефектного производства находится на стадии становления и как целостная система еще не сформирована, не определены четкие технологии управления. Отдельно можно отметить ограниченность материалов по практическому применению идей бережливого производства в оборонно-промышленном комплексе, а сами принципы и инструменты бережливого производства как единая методология поиска и решения проблем на производстве не включена в стандарт обучения технологов. Несмотря на решение рядов вопросов повышения производительности с использованием концепции бережливого производства, существует потребность в разработке комплексных, практически применимых и апробированных подходов, учитывающих специфику отрасли (технологии, систему бюджетирования, создания добавленной стоимости, принципы взаимодействия между участниками), что обусловило цель и задачи исследования.

Цель исследования заключается в развитии инструментов организации бездефектного производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса в условиях ресурсных ограничений.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- систематизация причин возникновения дефектов в производстве продукции оборонно-промышленного комплекса;
- научно-практическое обоснование организационно-управленческих направлений снижения количества дефектов мелкосерийного производства с использованием философии бережливого производства;
- определение направлений сокращения времени выполнения заказа, позволяющих с минимальными рисками и затратами повышать объем выпуска продукции без остановки производства в условиях ресурсных ограничений;
- апробация полученных инструментов организации бездефектного производства на предприятии ОПК.

Объектом исследования выступает система организации бездефектного мелкосерийного производства продукции оборонно-промышленного комплекса на примере радиопрозрачной керамики.

Предмет исследования – повышение эффективности организации мелкосерийного производства радиопрозрачной керамики на основе совершенствования инструментов обеспечения бездефектного производства на базе научно-производственного предприятия оборонно-промышленного комплекса.

Соответствие исследования паспорту научной специальности. Диссертация выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства ВАК Минобрнауки России (технические науки) и подпунктами: 16. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов; 17. Разработка и научно-практическое развитие инструментов бережливого производства, синхронизации в производственных системах, оптимизации процессов и рабочих мест.

Научная новизна результатов исследований заключается в совершенствовании инструментов организации бездефектной работы мелкосерийного производства предприятия оборонно-промышленного комплекса.

Содержание научной новизны представлено следующими научными результатами:

1. Предложена организационно-управленческая модель управления качеством продукции ответственного назначения, основанная на авторской методике расчета пооперационного коэффициента запуска, отличающаяся от существующего в отрасли процесса контроля качества изделий, основанного на выявлении дефектов постфактум, не позволяющего их устранить, возможностью прогнозирования этапа возникновения дефекта, что позволяет устранить проблему скрытия дефектов; снизить количество функциональных конфликтов в производстве; сформировать более точный регламент производства, обеспечить фокусировку ресурсов на наиболее перспективные направления устранения дефектов, позволяющие снизить их количество без необходимости вносить изменения в технологию.

2. Модернизирована система инструментов бережливого производства на примере мелкосерийного производства, ориентированная на снижение сроков производства продукции, заключающаяся в их комбинации и улучшении (VSM и 5S), позволяющая управлять производственным процессом как единым потоком в условиях ограниченных возможностей изменения технологии производства, что позволяет улучшить организацию производственного процесса в условиях строгого регулирования со стороны заказчика.

3. Разработана адаптивная модель организации бесшовного производственного потока в мелкосерийном производстве, отличающаяся возможностью: сокращения времени выполнения заказа и увеличения производительности в условиях ограниченности производственных площадей без остановки производства и снижения производительности в процессе изменения организации производства, реализовать ресурсоэффективную модель перехода от вытягивающего к выталкивающему типу производства, что позволяет уменьшить инвестиции на рост производительности, минимизировать фондоемкость, отказаться от необходимости формировать пооперационные запасы в технологии и сократить время реагирования на изменение заказа.

Теоретическая значимость результатов исследования обоснована тем, что в результате обобщения теории и практики организации наукоемкого производства усовершенствованы методические разработки в области применения инструментов организации бездефектного производства, расширяющие представления об изучаемых процессах, применительно к научно-производственному предприятию результативно использован комплекс существующих базовых методов организации бережливого производства, изучены причинно-следственные связи возникновения дефектов и предложены пути их прогнозирования.

Практическая значимость результатов исследования заключается в выявлении и систематизации подходов, позволяющих оперативно и без капитальных затрат сократить количество дефектов в производстве радиопрозрачной керамики в условиях невозможности вносить изменения непосредственно в технологию; разработке и введении в эксплуатацию автоматизированная система «Оперативного управления подачей и реализацией предложений по улучшению», качественно упростившая контроль за реализацией поданных предложений и облегчающая формирование аналитической и

отчетной информации (№2022618220, 2022г.); разработке и реализации авторской модульной программы обучения без отрыва от производства, позволившей повысить вовлеченность работников к действиям по улучшениям, снизить сопротивление изменениям и активизировать творческий потенциал; выявлении дефектов в производстве на основе применения авторского (новизна технических решений соискателя подтверждена двумя патентами: №2651731, 2018г.; №2647543, 2018г.); разработке нового подхода к улучшению использования производственных площадей и организации потоков без остановки производства, включающий в себя комплекс действий и набор инструментов из арсенала бережливого производства; разработке и апробации нового подхода по внедрению 5S, позволяющий минимизировать сопротивление работников и создавать устойчивую основу для дальнейшего развития.

Методология и методы исследования. Теоретической основой исследований послужили ГОСТЫ по бережливому производству, труды известных отечественных и зарубежных экономистов и управленцев, в которых сформулированы основополагающие принципы функционирования крупных корпораций в условиях жесткой конкуренции.

Законодательной правовой базой диссертационной работы являются федеральные законы, указы Президента Российской Федерации, постановления Правительства Российской Федерации и другие документы, регламентирующие порядок создания и функционирования корпораций, а также государственного регулирования этих процессов.

В качестве информационных данных использованы материалы международных информационных агентств, российских министерств и ведомств, научных конференций и семинаров, а также материалы Интернета.

В процессе исследований использованы методы системного анализа, математической статистики, экспертных оценок, экспериментов, наблюдения, опроса, анкетирования, моделирования, обобщения и элементы метаанализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Организационно-управленческая модель предотвращения дефектов мелкосерийного производства.

2. Модернизированная система инструментов бережливого производства на примере мелкосерийного производства.

3. Адаптивная модель организации бесшовного производственного потока в мелкосерийном производстве.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность научных результатов подтверждается глубоким анализом научной литературы по организации бездефектного производства продукции в оборонно-промышленном комплексе. Результаты построены на известных и проверяемых данных и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации.

Достоверность также подтверждается результатами моделирования явлений и процессов в рамках объекта исследования диссертации, использованием современных методик сбора и анализа информации о деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса, научной апробацией теоретических положений и идей, содержащихся в диссертации, в рамках публикаций в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России.

Основные положения и выводы диссертационной работы изложены и обсуждены на международных, всероссийских и региональных научных и научно-практических конференциях: «Международный форум Kazan Digital Week» (г. Казань, 2023г.); «Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии – 2023» (г. Екатеринбург, 2023г.); «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий» (г. Казань, 2022 г., 2023 г.); «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок» (г. Казань, 2022 г., 2023 г.); «Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению» (г. Комсомольск-на-Амуре, 2022 г.); «Современные технологии композиционных материалов» (г. Уфа, 2022 г.); «Конструкции и технологии получения изделий из неметаллических материалов» (г. Обнинск, 2019г.); «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка» (г. Минск, 2018 г.).

Теоретические положения и практические рекомендации и походы исследования использованы в нескольких структурных подразделениях АО «ОНПП» Технология им. А.Г. Ромашина» с целью увеличения производительности и сокращения сроков изготовления продукции после резкого повышения государственного оборонного заказа, что позволило оперативно снизить количество дефектов и повысить производительность подразделений.

Результаты работы используются при обучении работников компаний, входящих в холдинг АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», и отмечены благодарностью от Министерства образования и науки Калужской области.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ общим объемом 7,26 печ.л. (авторский вклад – 5,1 п.л.), из них 6 научных работ в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования; а также зарегистрированы 2 патента Российской Федерации на изобретения и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов и списка литературы. Объем работы – 216 страниц, включающие 34 рисунка, 6 таблиц, 296 наименований цитируемых источников и 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение включает обоснование актуальности темы работы, формулирование цели и задач исследования, научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, а также содержание основных положений, выносимых на защиту.

В **первой главе** «Теория и методика организации мелкосерийного производства на основе концепции бережливого производства» рассмотрена история появления и развития концепции бережливого производства на основе трудов Оно Т., Синго С., Имаи М., Исикава К., Давыдовой Н. С., Адлеру Ю. П. и др. В итоге анализа ГОСТ Р 56404-2021 по бережливому производству отобраны принципы, методы и инструменты бережливого производства, актуальные для решения задачи по повышению производительности

технологии специальной керамики в оборонно-промышленном комплексе. Проведен сравнительный анализ бережливого производства и традиционного для оборонно-промышленного комплекса подхода по организации производства. Обоснованы направления по использованию бережливого производства для снижения брака. Проведено картирование потока создания ценности технологии специальной керамики. Выявлены основные проблемы, и возможные причины их возникновения. Показано, что системный подход с позиций «бережливого производства» (БП) позволяет выявить, что не только технологические, но и вспомогательные операции могут вносить значительный вклад в появление брака в производстве мелкосерийного наукоемкого производства продукции специального и военного назначения.

В результате анализа работ, нацеленных на повышение производительности в машиностроительной отрасли отобраны наиболее часто используемые подходы и алгоритмы действий. Выявлены основные причины, затрудняющие проведение улучшений и снижающие эффективность использования инструментов БП в отрасли. Обосновано использование инструментов и принципов БП в целях повышения производительности в ОПК. Выявлена невозможность прямого переноса опыта производства продукции для гражданского рынка обусловленная уникальностью производимой продукции и особенностью производства. Обусловленная высокой длительностью технологического цикла, огромным по меркам керамического производства количеством дефектом (до преобразований на каждое годной изделие приходилось более 1,5 бракованных). Общее количество отмечаемых в паспорте изделий манипуляций с заготовкой составляет от 170 до 230, из них более 50 операций контроля. В результате выбраны наиболее перспективные направления для повышения производительности: уменьшение количества дефектов; сокращение потерь; вовлечение работников в процесс развития производственной системы.

Во **второй главе** «Концепция повышения эффективности производства за счет устранения дефектов с использованием инструментов бережливого производства» выявлены особенности возникновения дефектов в технологии специальной керамики. Показаны наиболее часто встречающиеся дефекты в керамической технологии (см. рис. 1). Приведены результаты поиска причин возникновения критических дефектов и путей их устранения. В результате критического подхода к существующей методике расчета операционного коэффициента запуска (формула 1), основанной на фиксации операции, на которой выявлен дефект (см. таб. 1) выявлены недостатки существующего подхода и негативные последствия, проистекающие из этого.

Таблица 1 – Старая методика расчета коэффициент запуска

	Операция				Общий
	Формование	Обжиг	Механическая обработка	Сборка	
Коэффициент запуска	1,05	1,37	1,77	1,03	2,62

$$K_{\text{зап}} = K_{\phi} \cdot K_o \cdot K_{\text{мо}} \cdot K_c = \frac{N_{\phi}}{N_o} \cdot \frac{N_o}{N_{\text{мо}}} \cdot \frac{N_{\text{мо}}}{N_c} \cdot \frac{N_c}{N} = \frac{N_{\phi}}{N} \quad (1)$$

где $K_{\text{зап}}$ - общий коэффициент запуска;

K_{ϕ} - коэффициенты запуска на операциях формованигдея;

K_o - коэффициенты запуска на операциях обжига;

$K_{м.о.}$ - коэффициенты запуска на операциях механической обработки;

K_c — коэффициенты запуска на операциях сборки;

N_{ϕ} — количество отформованных заготовок;

N_o — количество заготовок, переданных на обжиг;

$N_{м.о.}$ — количество заготовок, переданных на механическую обработку;

N_c — количество заготовок, переданных на сборку;

N — количество изделий, переданных на склад.

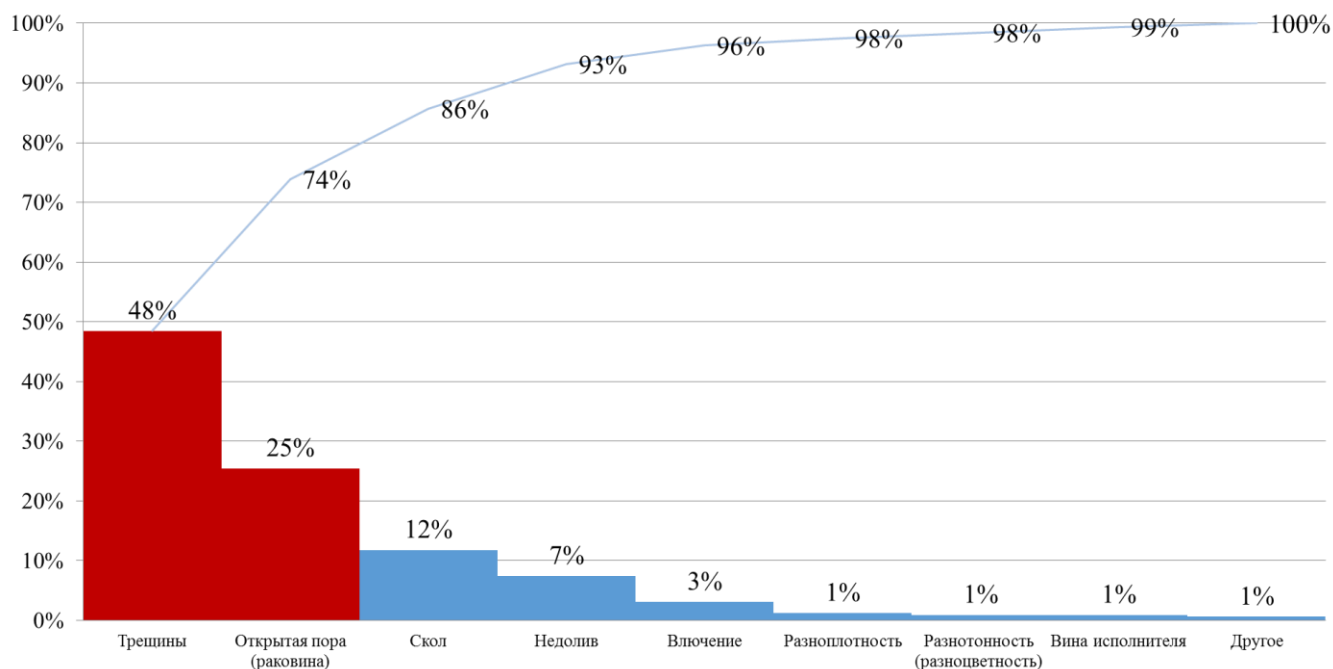


Рисунок 1 – Диаграмма Парето по выявленным видам критических дефектов
(составлено автором)

Предложена новая методика поиска причина возникновения дефектов в керамической технологии, основанная на обобщении знаний и мнений вовлеченных в производство работников. В ней учитывается этап технологии, на которой дефект может возникнуть. Результаты апробации подхода приведены в 4 главе работы. В диссертации для выявления причин дефектов применен инструментальный бережливый производственный анализ для основных критических дефектов, в качестве примера в автореферате показана диаграмма Исикавы для трещин (рис.2).

Выявлены основные источники возникновения дефектов в технологии на операциях обжига, сушки, формования и приготовления шликера. По каждой операции был проведен поиск оптимального организационно-технического решения для уменьшения количества закладываемых дефектов. Показано, что наилучшие свойства стеклокерамики (прочность, кажущаяся плотность и водопоглощение) и уменьшение количества трещин удастся достичь при изменении режима термообработки. Но из-за специфики производства невозможно оперативно вносить изменение в технический процесс, что исключает любые изменения документально утвержденных параметров.

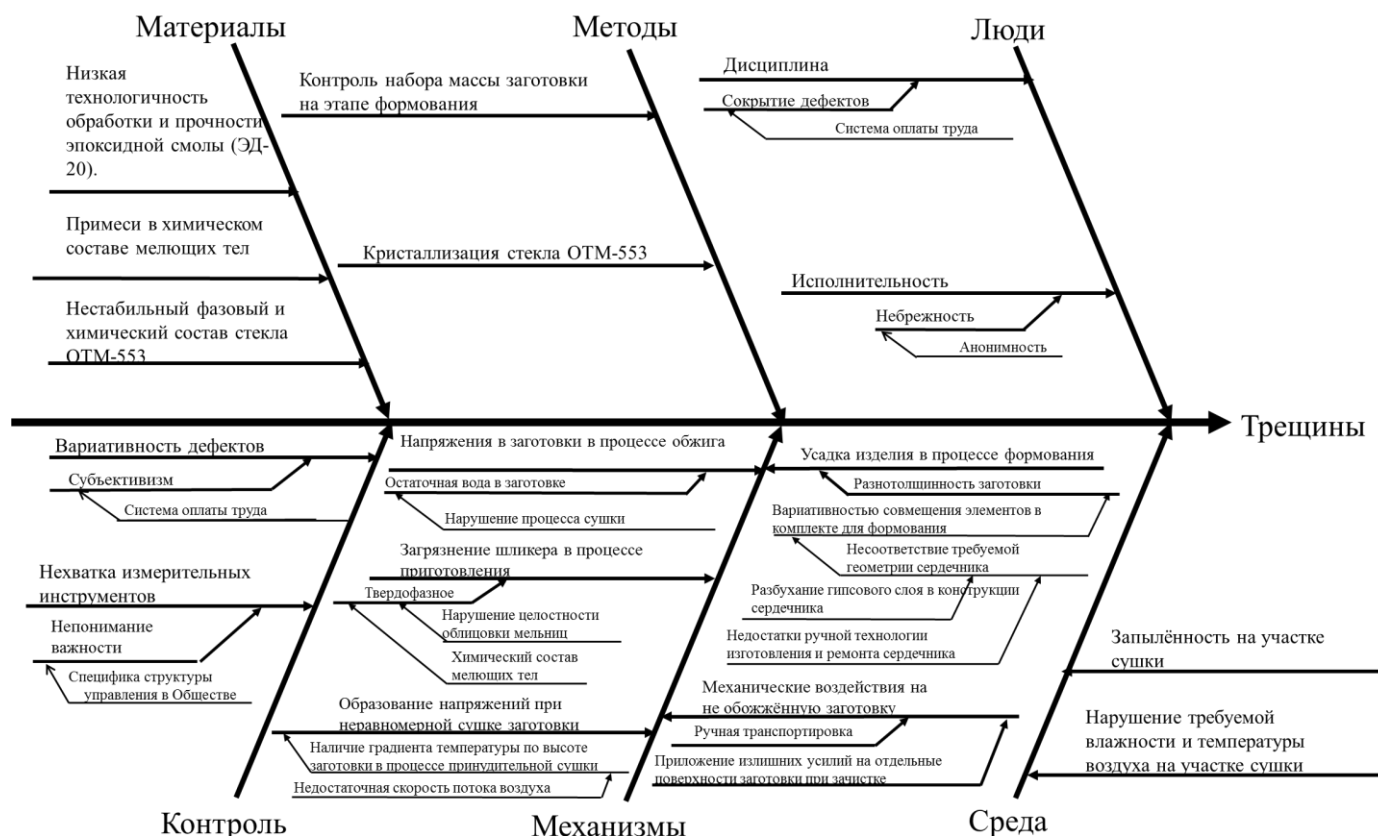


Рисунок 2 – Диаграмма Исикавы для критических дефектов трещин (составлена автором)

На операции сушки выявлена причина нарушения равномерности градиента влажности заготовки по высоте (см. рис. 3), обусловленная недостатками конструкции установки и низкой скоростью истечения воздуха, что приводит к возникновению воздушной пробки, из-за чего на операцию обжига поступает заготовка с избыточным количеством абсорбированной влаги, что в свою очередь приводит к трещинам. На операции формования выявлены основные причины, приводящие к возникновению дефектов. В целях их уменьшения разработан новый полимерный композиционный материал и технология изготовления сердечника (пуансона, формирующего внутренний контур заготовки) позволяющий снизить количество дефектов на операции формования на 15% и повысить срок эксплуатации сердечника без необходимости проведения ремонта более чем в 10 раз (см. рис. 4). Для его изготовления используются отходы керамического производства.

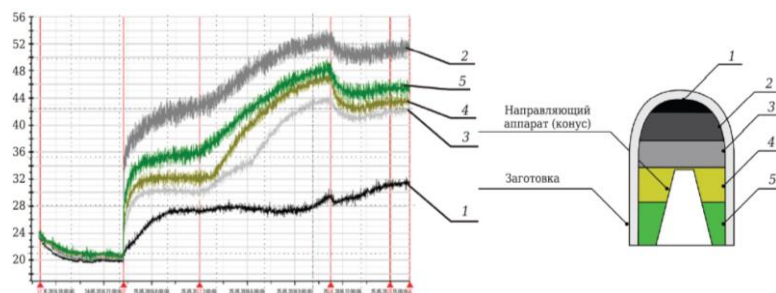


Рисунок 3 – Распределение температуры на внутренней поверхности заготовки при сушке



Рисунок 4 – Сердечник - пуансона, формирующего внутренний контур заготовки

На операции приготовления выявлены основные причины загрязнения шликера в последствии приводящие к возникновению дефектов. Это позволило увеличить ресурс футеровки до ремонта почти в 10 раз.



Рисунок 5 – Сравнение формы плиток, изготовленных по старой технологии и конструкции (А) и новой технологии и конструкции (Б)

Реализация концепции бездефектной работы предполагает совершенствование ее инструментов применительно к условиям производства, что было проведено в рамках **третьей главы «Разработка методов и средств организации производства в условиях организационно-управленческих и технологических ограничений в целях повышения производительности».**

В результате научно-практически развиты следующие инструменты бережливого производства, оптимизации потоков и рабочих мест: 1. карта потока создания ценности (VSM); 2. методики расчета операционного коэффициента запуска; 3. процедура управления несоответствующей продукцией; 4. метод организации рабочего пространства (5S); 5. гибридная модель организации производства.

Инструмент 1. В целях сбора объективных данных и визуализации информационных и материальных потоков использовалась карта потока создания ценности (VSM). В процессе были выявлены недостатки в применении инструмента: сложность сбора объективных данных, обусловленная сопротивлением работников и вариативностью мелкосерийного производства при изменении количества дефектов; необходимость строить потоки создания ценности для вспомогательных и обслуживающих операций, так как выявлено их влияние на ритмичность основного потока и количество дефектов в нем и внесены соответствующие коррективы и др. Экспериментально установлено, что целесообразно начинать проводить изменения до завершения построения VSM с целью ускорения достижения позитивных изменений; также был обоснован отказ от построения карты VSM в рекомендуемом стандартами бумажном виде из-за излишней трудоемкости и неудобства (большой размер до 6 метров длиной) и переход на формирование карты в табличном виде. В работе представлен подробный алгоритм построения VSM. В результате применения нового подхода к построению VSM (рис.6) обоснован процесс оптимизации расположения участков производства спецкерамики, организованный по принципу многоэтапности с предварительным высвобождением площадей путем переноса используемого функционала в иное место, за счет сформированного «обменного» фонда. Процесс протекает без остановки производства. Параллельно идет работа по оптимизации расположения необходимых элементов на существующих участках за счет: оптимизации конструкций, многоуровневости, уплотнения расположения.

Реорганизована операция футеровки шаровой мельницы. Операция была стандартизирована. Было решено изменить материал для изготовления футерованной плитки и форму футерованной пластины (см. рис. 5).

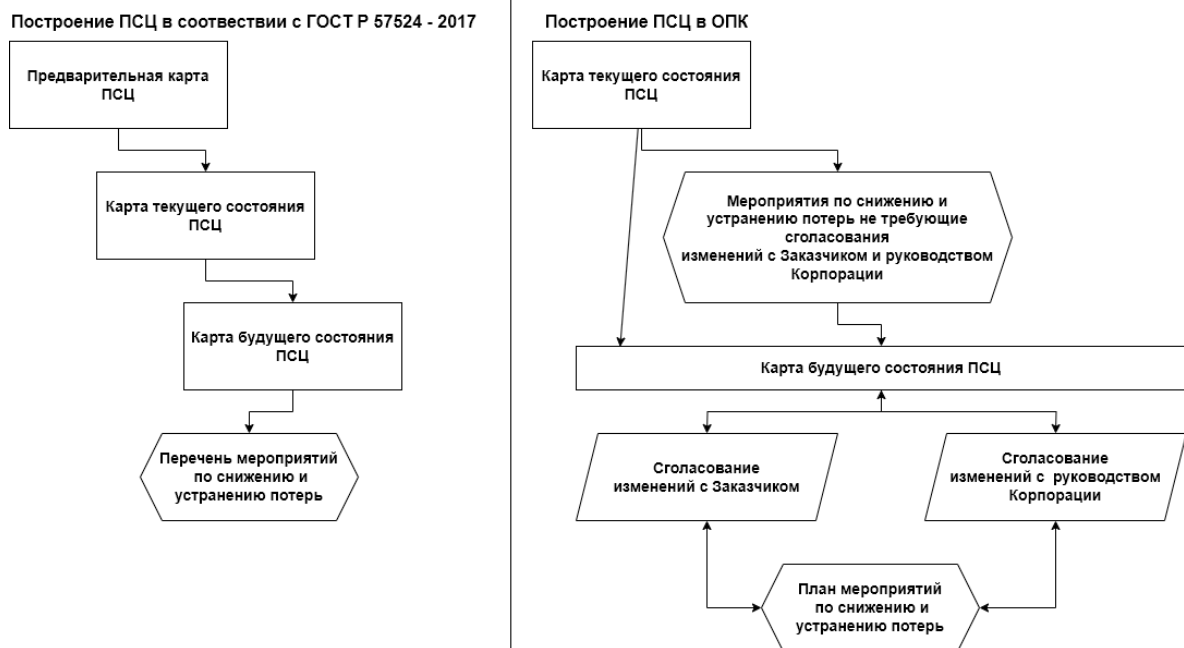


Рисунок 6 – Старая (слева) и новая модель построения VSM (составлено автором)

В процессе реорганизаций различных структурных подразделений отработан новый подход к определению направлений и действий, необходимых для сокращения времени реализации проектов по повышению производительности (см. рис. 7).

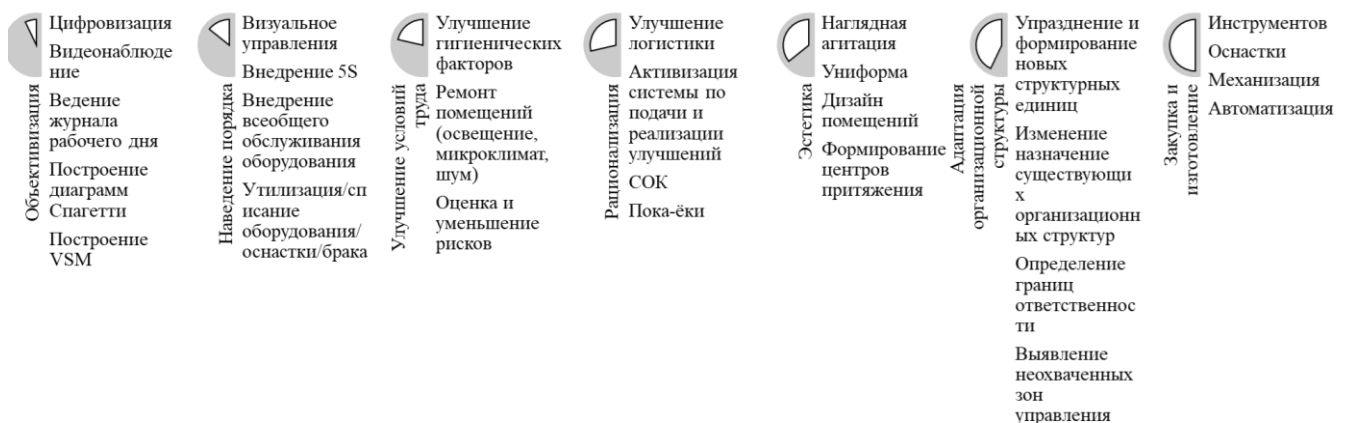


Рисунок 7 – Направления и действия для сокращения времени реализации проектов по повышению производительности (составлено автором)

Разработана и введена в эксплуатацию система оперативного управления подачей и реализацией предложений по улучшению (см. рис. 8), позволившая автоматизировать процесс подачи и управления предложениями по улучшению, повысить прозрачность и формировать базу готовых успешных реализованных решений с возможностью оперативного получения отчетной информации. Программа предназначена для автоматизации учета подачи, реализации и тиражирования кайдзен-предложений по улучшению производства в рамках развития производственной системы предприятия. Программа универсальна и может быть использована на предприятиях любой отрасли, т. к. в основе своей не имеет жесткой привязки архитектуры к какой-либо специфике производства.

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОДАЧЕЙ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ

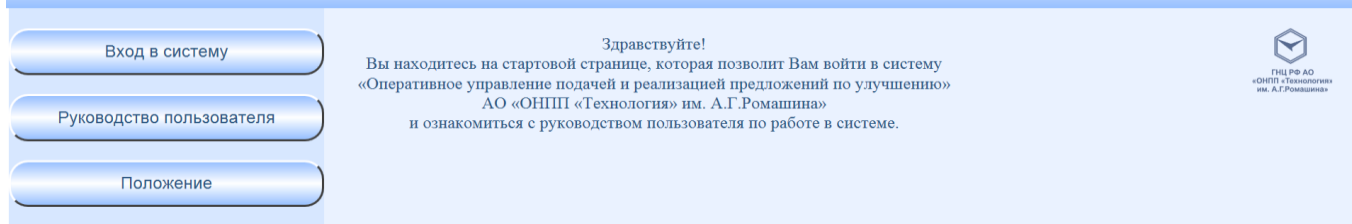


Рисунок 8 – Стартовое окно интерфейса системы оперативного управления подачей и реализацией предложений по улучшению (разработано автором)

Инструмент 2. Усовершенствованная методики расчета операционного коэффициента запуска представлена в табл.2.

Таблица 2 – Сравнение методик расчета коэффициент запуска (составлено автором)

	Операция				Общий
	Формование	Обжиг	Механическая обработка	Сборка	
Старая методика расчета коэффициент запуска	1,05	1,37	1,77	1,03	2,62
Количество годных заготовок	$\sim 95\% \times N_{\phi}$	$\sim 69\% \times N_{\phi}$	$\sim 0,39\% \times N_{\phi}$	$\sim 0,38\% \times N_{\phi}$	$\sim 0,38\% \times N_{\phi}$
Новая методика расчета коэффициент запуска	1,79	1,38	1,03	1,03	2,62
Количество годных заготовок	$\sim 56\% \times N_{\phi}$	$\sim 40\% \times N_{\phi}$	$\sim 39\% \times N_{\phi}$	$\sim 38\% \times N_{\phi}$	$\sim 38\% \times N_{\phi}$
Изменения в пооперационных коэффициентах запуска	+0,74	+0,01	-0,74	0	0

Инструмент 3. Процедура управления несоответствующей продукцией.

Работа по устранению первопричин возникновению дефектов выявила недостатки подхода по управлению несоответствия продукции, используемого в организации, проводимого в соответствии с внутренним нормативным стандартом. Анализ доступных в открытых источниках СТО показал похожесть используемых подходов. Общим для всех стандартов является бессистемность деятельность и ее реактивная направленность. При таком подходе возникают трудности по сбору и анализу информации, деятельность по поиску первопричин возникновения и нахождения решений ведется не системно. Было решено разработать новую процедуру управления несоответствующей продукцией, модель которой отображена на рис. 9.

Инструмент 4. Метод организации рабочего пространства (5S)

Предложено изменение метода (5S), отличающегося от практики тем, что изменения предлагается осуществлять циклически с ограниченным воздействием на каждом этапе, до достижения целевых показателей (см. рис. 10). Был разработан и апробирован на практике новый алгоритм внедрения 5S, содержащийся в диссертационном исследовании. Использование нового подхода позволяет за счет увеличения времени внедрения получать следующие преимущества: сократить сопротивление к изменениям со стороны участников

процесса; снизить требования к ЗУНам участников; быстрее получать позитивный результат; минимизировать риски откатов к предыдущему состоянию; минимизировать количество конфликтов и уменьшить их тяжесть и др.

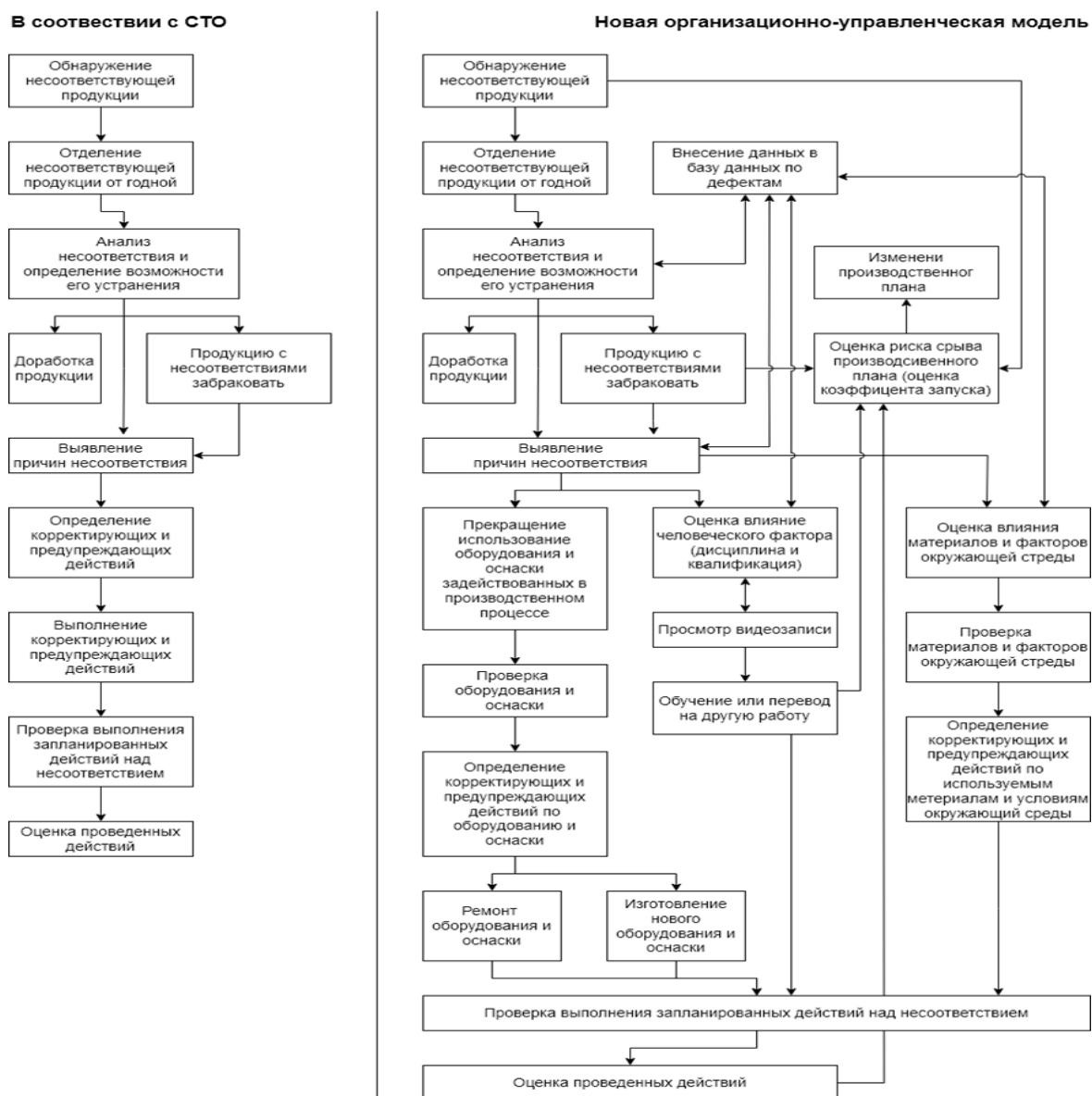
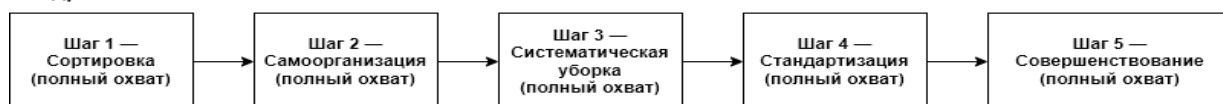


Рисунок 9 – Совершенствование процедуры управления несоответствующей продукцией (составлено автором)

Внедрение 5S в соответствии с ГОСТ Р 56906-2016



Циклическое внедрение 5S



Рисунок 10 – Сравнение подходов внедрения 5S (составлено автором)

Инструмент 5. Гибридная модель организации производства

Следующим результатом применения предлагаемых изменений организации производства стала перестройка потока создания ценности, следствием чего стало сокращение времени цикла производства. Важно стремиться к его минимизации. Классический подход для его сокращения реализуется за счет организации системы вытягивания. В оборонно-промышленном комплексе, учитывая его условия ценообразования и отсутствие свободы распоряжаться своей продукцией, данный подход непродуктивен и ведет к замораживанию существенного количества запасов (вплоть до общей годовой выручки) и необходимости выделения существенных ресурсов для организации адекватной системы хранения незавершенного производства. На основе сравнения тянущей, толкающей, смешанной моделей, проведенной в диссертации, была предложена гибридная модель организации производства (см. рис. 11).

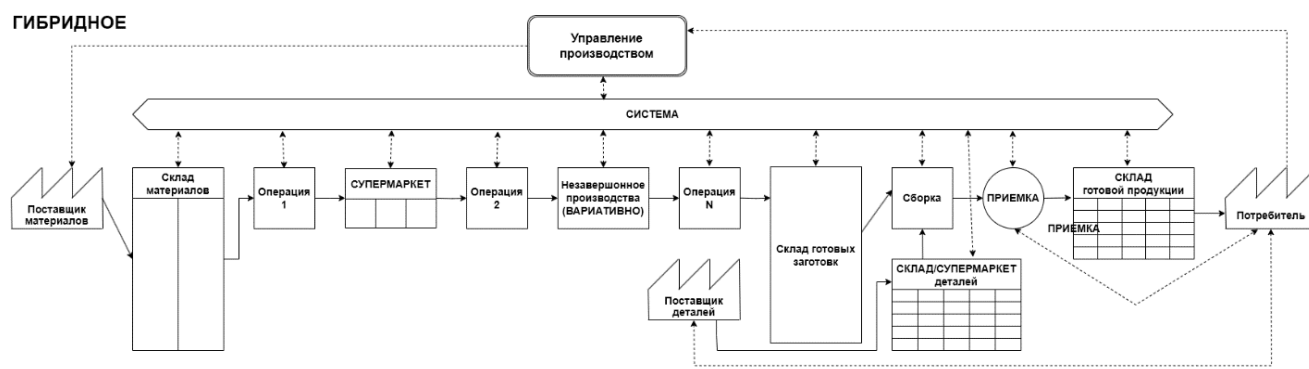


Рисунок 11 – Гибридная модель управления производственными системами (составлено автором)

В четвертой главе приведена апробация разработанной концепции и усовершенствованного инструментария организации бездефектной работы.

Апробация инструмента 1. В целях проверки нового подхода и реализации ГОЗа была разработаны проекты изменений. Каждый проект был проходил согласование у вышестоящего руководства и происходил без остановки производства (что является принципиальным моментом предлагаемой нами модели), при этом существовали существенные ресурсные ограничения. С целью улучшения организации производства выявлены источники для формирования обменного фонда для реализации оптимизации логистики. Сформированы общие принципы при выборе мест для переноса участков и оборудования. Реализация первых улучшений позволила запустить процесс снижения нагрузки на работников за счет высвобождения времени (см. рис. 12). В целях ускорения **операции входного контроля комплектующих** был организован специализированный участок. До оптимизации процесс происходил в разных местах территории предприятия силами нескольких подразделений. По результатам проекта удалось сократить занимаемые площади под операцию в 2,5 раза, сократить время ее проведения на 50%, повысить качество проведения за счет использования координатной измерительной машины, для которой была разработана стандартная операционная карта. **Участок механообработки.** Изначально участок был разделен на нескольких разрозненных помещений в разных частях корпуса цеха. С целью увеличения единого пространства было решено провести обмен соседних помещений, занимаемых другим структурным подразделением

(лабораторией). После согласований изменений были снесены стены и перенесен склад. Рядом с участком был организован пост визуально-оптического контроля.



Рисунок 12 – Снижение нагрузки на работников за счет улучшений (составлено автором)

На *участке обжига* были демонтированы две неисправные старые крупногабаритные печи. На освободившемся месте на первом уровне были размещены два пункта контроля, а на втором уровне возведено помещение для работников с контролируемым климатом, и конвертными рабочими местами, благодаря чему места для работы с документацией убрали из горячей зоны (температура на участке могла превышать 40°C), а на высвобожденное пространство установили дополнительные современные высокотемпературные печи.

Дополнительно была установлена климатическая установка, позволившая снизить температуру воздуха в помещении. На участок с участка сушки было перенесена операция зачистки заготовки с организацией системы улавливания пыли, которую в дальнейшем стали использовать для изготовления оснастки (сердечника). Перенесенный на участок обжига пост для зачистки заготовки позволил увеличить свободное пространство на *участке сушки* и увеличить срок службы установок для сушки. На *участке формования* изменили конструкцию кантователей, благодаря чего удалось на том же пространстве установить дополнительные формовые комплекты. Благодаря организации движения тележки с укомплектованным готовым комплектом оснастки удалось сократить время проведения операции формования на 30-60 минут и уменьшить количество дефектов, возникающих по причине использования ненадлежащих деталей формового комплекта. Сами комплекты были покрашены в соответствии с цветом изделий (цветовая маркировка). *Участок помола* по мере роста объема выпуска продукции увеличивался за счет разрозненных помещений на разных этажах. В процессе оптимизации начался процесс их переноса с целью объединения. Стандартизирована конструкция шаровых мельниц. Дополнительное место для участка удалось получить за счет демонтажа неисправной вентиляционной системы.

Апробация инструмента 2. Следующим этапом стала апробация новой методики расчета операционного коэффициента запуска. Ее применение позволило выявить операции (см. таб. 2), вносящие наибольшее количество дефектов (см. рис. 1 выше), и сместить вектор внимания с операции механической обработки на операции приготовления шликера и формования. В результате выявлены причинно-следственные влияния количества дефектов по методике (рис. 13).



Рисунок 13 – Обратные связи от изменения количества дефектов (составлено автором)

В результате проделанной работы (см. рис. 14) по уменьшению количества дефектов удалось сократить общий коэффициент запуска на наиболее тиражном изделии с 2,59, до 1,54 (см. рис. 15).



Рисунок 14 – Реализованные улучшения с целью снижения количества дефектов (составлено автором)

Апробация инструмента 4. Метод организации рабочего пространства (5S)

Разработана модульная программа обучению бережливому производству и организационно управляющим методикам по работе с нынешними и будущими работниками, представленная в исследовании, позволяющая гибко, с расстановкой нужных акцентов, проводить внутреннее обучение. Практический опыт выстраивания внутренней системы подготовки и переподготовки действующих и будущих работников показал свою эффективность и актуальность для дальнейшего масштабирования в рамках холдинга. Начиная с 2017 года было обучено по разным программам более 300 работников.

В ходе проведения изменений в организационной структуре, должностных инструкциях и организации производства удалось сократить максимальную задержку на реагирование после выявления дефекта в 50 раз.

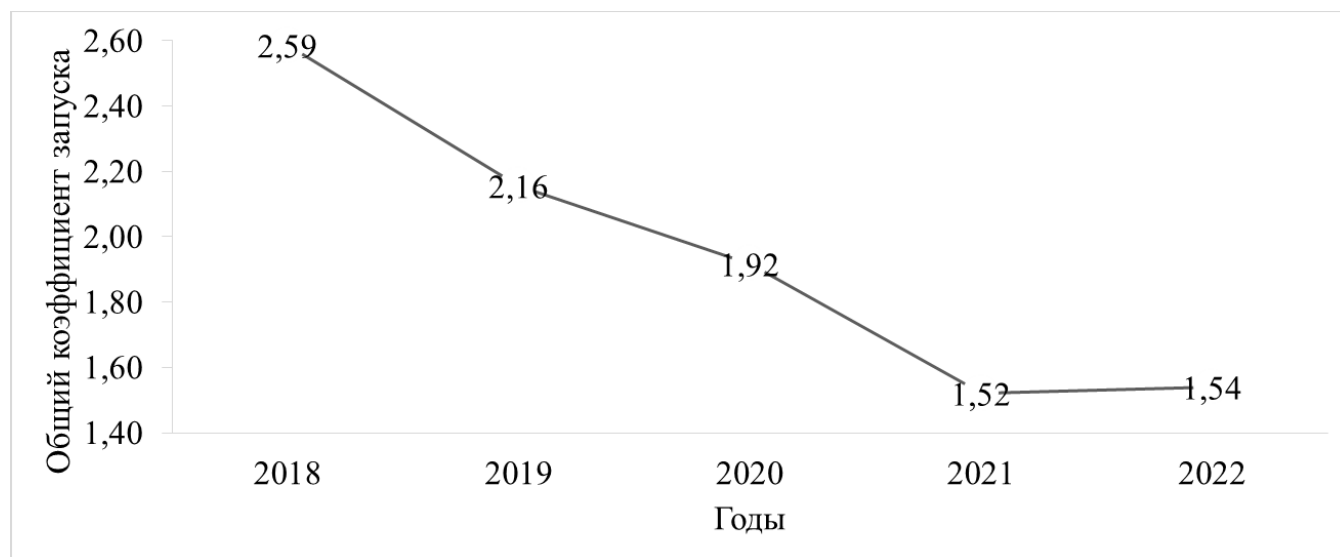


Рисунок 15 – Изменение общего коэффициента запуска на примере одного из изделий (составлено автором)

Апробация инструмента 5. Гибридная модель организации производства

Весь поток создания ценности был изучен и в результате удалось найти точку бифуркации с тянущей на толкающую модель организации производства: завершение приготовления шликера. Начиная с операции формования характер организации производства менялся на выталкивающий со стремлением максимально сократить размер партии вплоть до единичного значения. Вытягивающая система для всех операций, необходимых для приготовления шликера, рациональна, так как для производства большей части продукции используется три материала.

Достигнув операции сборки, производственный поток из выталкивающего снова перестраивается в вытягивающий. Сборка происходит исключительно после поступления от заказчика комплектующих в максимально сжатые сроки (до 2 дней). Гибридная модель организации производства нацелена на снижение рисков срыва ГОЗ и минимизацию замораживания оборотных средств и занимаемой для хранения производственных площадей. Проведен анализ новой модели и ее преимущества и недостатки по сравнению с существующими с учетом особенности выполнения ГОЗ в ОПК (см. табл. 3). Целесообразность использования гибридной модели организации производства увеличивается пропорционально увеличению количества операций в технологии, снижению серийности и росту требований к качеству изделий.

По итогам внедрения усовершенствованной концепции и инструментов был оценен эффект по ряду направлений улучшения организации производства. В процессе развития производственной системы цеха были произведены различные изменения. Начиная от организационной структуры (менялась несколько раз) и должностными инструкциями (в которых внесли обязательства по участию в совершенствовании производства и использованию инструментов бережливого производства), до разработки и производства

собственных изделий и материалов, необходимых в технологическом цикле (импортозамещение) и перемещением целых участков без остановки производства.

Таблица 3 – Сравнительный анализ моделей организации производственных систем для длительного (а) и короткого (б) производственного цикла

Критерий	Модель производственной системы							
	Выталкивающая		Вытягивающая		Смешанная		Гибридная	
Длительность производственного цикла	а	б	а	б	а	б	а	б
Риск срыва ГОЗ	3	2	5	4	3	2	2	1
Требование к планированию и прогнозированию	5	3	2	1	3	2	3	2
Складские запасы	5	4	2	1	4	3	4	3
Незавершённое производство	5	4	2	1	3	3	4	3
Реагирование на изменение спроса	5	4	3	1	4	2	3	2
Оборачиваемость оборотных средств	4	3	5	1	4	2	4	3
Зависимость от поставщиков	3	2	5	5	4	2	3	2
Время реагирование на выявление дефектов	5	3	4	2	4	2	3	1
Объем потерь, связанных с дефектами	5	3	4	2	4	2	3	1
Итого	40	28	32	18	33	20	29	18

Рассмотрим измеримые достижения развития производственной системы, рост энергоэффективности производства и производительности на одного работника.

Рост энергоэффективности производства (см. рис. 16). Технология не изменилась. Основным источником энергозатрат служит операция обжига. Режим проходит в высокотемпературных печах. Используются одни и те же печи. Колебания на графике обусловлены изменением среднего размера габаритов изделий и коэффициента запуска (при резком росте заказа и перегрузках повышается риск возникновения дефектов). Главный вклад в энергоэкономии вносит снижение количества дефектов и улучшение контроля, которые отсекает бракованные заготовки от последующей обработки. Как следствие, снижение потерь и углеродного следа производства.

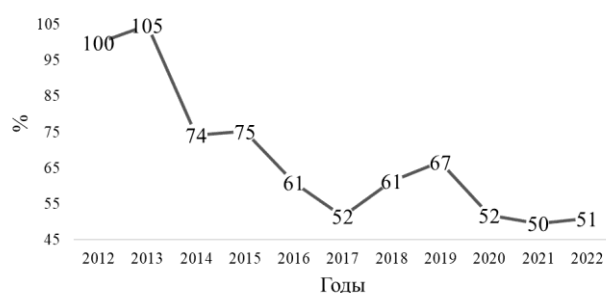


Рисунок 22 – Энергозатраты на выпуск одного изделия в процентах. Базовое значение 100% принят 2012 год (составлено автором)

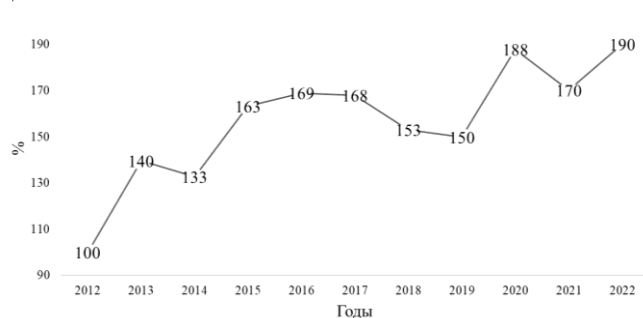


Рисунок 23 – Количество выпускаемых изделий на одного работника в процентах. 100% значения производительности в 2012 году (составлено автором)

Рост производительности на одного работника (см. рис. 17). Критически важный показатель эффективности производства. В расчет включены непосредственно рабочие, ИТР, работники вспомогательных служб и руководители всех уровней. Резкие колебания

между годами прежде всего обусловлены: отсутствием синхронности между изменением объема заказа и количеством работников; колебанием в заказе среднего значения габаритов изделий. Крупные изделия имеют больший коэффициент запуска и длительную технологию.

Подход, нацеленный на повышение производительности через снижение количества дефектов, можно представить в виде циклического процесса. Проводим улучшение, повышаем ритмичность, высвобождаем ресурсы и время, снижается количество дефектов, уменьшается нагрузка, высвобождаем время и ресурсы на новые улучшения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам реализации поставленных задач сделаны следующие выводы:

1. Выявлено, что существуют сложности при внедрении философии бережливого производства в оборонно-промышленном комплексе, обусловленные его спецификой, но при этом методология является эффективной при грамотной адаптации и организации процесса внедрения, что было реализовано в ходе исследования.

2. Выявлены основные источники возникновения дефектов в технологии на операциях обжига, сушки, формования и приготовления шликера. По каждой операции был проведен поиск оптимального организационно-технического решения для уменьшения количества закладываемых дефектов.

3. Разработана методика расчета пооперационного коэффициента запуска керамики в мелкосерийном наукоемком производстве, учитывающей возможный этап возникновения дефекта, а не выявления, что позволяет устранить проблему скрытия дефектов; снизить количество конфликтов в производстве; формирует более точный регламент производства, фокусировку ресурсов на наиболее перспективные направления устранения дефектов, позволяющие снизить их количество без необходимости вносить изменения в технологию.

4. Предложена гибридная модель управления производственной системы, позволяющая в оборонно-промышленном комплексе в мелкосерийном производстве управлять производственным процессом как единым потоком в условиях ограниченных возможностей изменения экономической эффективности технологии производства с акцентом на снижение сроков производства продукции, что позволяет улучшить конкретный бизнес-процесс в условиях строгого регулирования со стороны заказчика.

5. Разработан организационно-управленческий инструментарий воздействия на организацию производства с целью сокращения времени выполнения заказа и увеличения производительности в условиях ограниченности производственных площадей без остановки производства и снижения производительности в процессе преобразования, основанный на синергетическом эффекте от реализуемых улучшений и применении адаптивной модели бесшовного управления потока с переходом от вытягивающего к выталкивающему типу.

Рекомендуется масштабировать и универсализировать научные и практические результаты диссертационного исследования для дальнейшего использования в различных организациях ОПК. Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию для включения в различные курсы подготовки и переподготовки специалистов и руководителей.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования состоят в: создании системы по учету и оперативному оповещению о возникновении дефектов, в которой будет формироваться цифровая копия каждого изделия и вся доступная для контроля информация о технологическом цикле, включая оборудование, инструменты, материалы и задействованных работников, что позволит качественно повысить эффективность статистических методов в управлении качеством; в разработке и внедрении проактивной системы, нацеленной на недопущение возникновения дефектов за счет анализа работы оборудования и действий работников на основе технологий нейронных сетей; создании сетевых программных продуктов, позволяющих в цифровом виде формировать отчеты АЗ, картирование потока создания ценности (VSM), диаграммы Исикава и Спагетти, что упростит их составление при командной работе; совершенствовании инструментов и подходов обеспечения бездефектного мелкосерийного производства на оборонно-промышленном предприятии и алгоритмов для их внедрения, таких как защиту от непреднамеренных ошибок (рока-yoke), всеобщее обслуживание оборудования (TPM), визуализация, быстрая переналадка (SMED).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации:

1. Анашкин, Д. А. 5S Научно-практическое развитие алгоритма внедрения метода организации рабочего пространства / Д. А. Анашкин // Компетентность. – 2024. – № 3. – С. 40–44. – 0,31 п.л.
2. Анашкин, Д. А. Анализ существующих подходов внедрения метода организации рабочего пространства / Д. А. Анашкин // Компетентность. – 2023. – № 7. – С. 40–44. – 0,32 п.л.
3. Анашкин, Д. А. Сокращение потерь при входном контроле / Д. В. Харитонов, А. И. Амосов, А. Н. Блинов, А. В. Грошев, Д. А. Анашкин // Стандарты и качество. – 2019. – № 11. – С. 36–41. – 0,38 п.л./0,1 п.л.
4. Анашкин, Д. А. Повышение производительности участка механической обработки керамических изделий в ОПК / Д. В. Харитонов, А. Н. Блинов, Д. А. Анашкин // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 1. – С. 114–120. – 0,35 п.л./0,12 п.л.
5. Анашкин, Д. А. Разрушая стены, или реализация проекта как метод для преодоления инерции мышления / Д. В. Харитонов, А. Н. Блинов, Д. А. Анашкин // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 5–1. – С. 113–118. – 0,35 п.л./0,12 п.л.
6. Анашкин, Д. А. Инновационный путь повышения ресурса футеровки шаровых мельниц / Д. В. Харитонов, Д. А. Анашкин, Д. А. Михалевский // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 10(136). – С. 74–80. – 0,36 п.л./0,15 п.л.

Публикации в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования:

7. Анашкин, Д. В. Анализ существующих неорганических радиопрозрачных материалов и выбор направления создания новых композиций с улучшенными радиотехническими характеристиками / Д. В. Харитонов, А. А. Анашкина, Д. А. Анашкин // Огнеупоры и техническая керамика. – 2016. – № 9. – С. 15–20. – 0,7 п.л./0,25 п.л.
8. Анашкин, Д. А. Применение инструментов «бережливого производства» для оптимизации выпуска мелких серий изделий из стеклокерамики. Часть 1. Общие сведения о принципах «бережливого производства» / Д. В. Харитонов, А. В. Беляков, Д. А. Анашкин // Новые огнеупоры. – 2017. – № 11. – С. 27–30. – 0,53 п.л./0,2 п.л.
9. Анашкин, Д. А. Оценка влияния технологической оснастки на качество отформованных керамических заготовок / Д. В. Харитонов, А. А. Анашкина, Д. А. Анашкин, А. А. Новикова, Г. Н. Савенков // Огнеупоры и техническая керамика. – 2017. – № 11–12. – С. 17–24. – 0,81 п.л./0,3 п.л.

10. Анашкин, Д. А. Применение инструментов «бережливого производства» для совершенствования технологии мелких серий изделий из стеклокерамики. Часть 2. Поиск «узких мест» устоявшегося технологического процесса / Д. В. Харитонов, А. В. Беляков, Д. А. Анашкин // Новые огнеупоры. – 2017. – № 12. – С. 20–26. – 0,72 п.л./0,3 п.л.

11. Анашкин, Д. А. Применение инструментов «бережливого производства» для оптимизации выпуска мелких серий изделий из стеклокерамики. Часть 3. Результаты проведенного анализа и пути уменьшения дефектов / Д. В. Харитонов, А. В. Беляков, Д. А. Анашкин // Новые огнеупоры. – 2018. – № 5. – С. 13–21. – 0,68 п.л./0,23 п.л.

Патенты на изобретение:

12. Харитонов Д. В., Русин М. Ю., Анашкина А. А., Савенков Г. Н., Конкина Р. С., Осипов А. И., Анашкин Д. А. Способ изготовления формообразующего пуансона // Патент на изобретение, рег. № 2651731 С1 от 23.04.2018. – М.: Роспатент, 2018.

13. Харитонов Д. В., Анашкина А. А., Русин М. Ю., Савенков Г. Н., Нефедов М. Н., Анашкин Д. А. Способ изготовления формообразующего пуансона // Патент на изобретение, рег. № 2647543 С1 от 16.03.2018. – М.: Роспатент, 2018.

Свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ:

14. Харитонов Д. В., Грошев А. В., Баршевцев С. А., Блинов А. Н., Анашкин Д. А., Кулас К. Ю. Оперативное управление подачей и реализацией предложений по улучшению // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618220 от 05.05.2022.

Публикации в других научных изданиях и сборниках конференций:

15. Анашкин, Д. А. Практический опыт совершенствования логистики производства в оборонно-промышленном комплексе в условиях ресурсных ограничений / Д. В. Харитонов, Д. А. Анашкин, Д. А. Михалевский, А. Н. Блинов // Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития науки и образования в эпоху модернизации». – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2023. – С. 172–176. – 0,48 п.л./ 0,12 п.л.

16. Анашкин, Д. А. Сложности цифровизации системы Кайдзен в ОПК / Д. А. Анашкин // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий». – Казань; Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 25–31. – 0,37 п.л.

17. Анашкин, Д. А. Проблема внедрения современных технологий в ОПК / Д. В. Харитонов, Д. А. Анашкин, А. Н. Блинов // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению». – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 344–347. – 0,28 п.л./0,1 п.л.

18. Анашкин, Д. А. Обучение будущих и нынешних работников ОПК как инструмент активизации развития / Д. В. Харитонов, И. Ш. Шарафеев, А. Н. Блинов, Д. А. Анашкин // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием «Современные технологии композиционных материалов. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. – С. 332–339.

19. Анашкин, Д. А. Оптимизация процесса входного контроля: ОНПП «Технология» им. А. Г. Ромашина / М. Ю. Русин, Д. В. Харитонов, Д. А. Анашкин // Методы менеджмента качества. – 2021. – № 5. – С. 36–42. – 0,62 п.л./0,25 п.л.