

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

На правах рукописи



ДЬЯЧКОВ МАКСИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ
БАЗИРОВАНИЯ

Специальность 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Васин Сергей Александрович

Тула – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЕГО ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	11
1.1 Система сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса	11
1.2 Сервисная организация как производственная система.....	14
1.3 Производственный процесс продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	19
1.4 Сущность и организация оперативно-производственного планирования на предприятии.....	29
1.5 Процесс оперативно – производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	34
1.6 Анализ эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	41
1.7 Выводы по первой главе.....	44
2. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ	45
2.1 Математическая модель производственного процесса сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	45
2.2 Архитектурная модель методики оперативно – производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	54

2.3 Организация оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	66
2.3.1 Организация процесса оперативно-календарного планирования	66
2.3.2 Организация процесса диспетчирования	69
2.3.3 Организация процесса внутрицехового планирования.....	73
2.3.3.1 Алгоритм мониторинга технического состояния продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	78
2.3.3.2 Алгоритм формирования производственного запаса	84
2.4 Выводы по второй главе	88
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	90
3.1 Реляционная модель базы данных методики оперативно- производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	90
3.2 Оценка целесообразности внедрения усовершенствованной методики оперативно-производственного планирования на предприятиях машиностроения	93
3.3 Структура автоматизированной информационной системы оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования	106
3.4 Выводы по третьей главе.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	113
Приложение 1 Акт о внедрении результатов диссертационного исследования	126
Приложение 2 Акт о внедрении результатов диссертационного исследования	127

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Сервисное обслуживание продукции оборонно-промышленного комплекса (на примере вооружения и военной техники (далее - ВВТ)) в местах базирования - эффективный инструмент поддержания боеготовности изделий ВВТ, постоянно применяемый в Вооруженных силах Российской Федерации. Для эффективного оперативного управления данным процессом на предприятии-исполнителе государственного оборонного заказа (далее - ГОЗ) функционирует система оперативно-производственного планирования (далее - ОПП).

Применяемые на предприятиях оборонно-промышленного комплекса методики ОПП не включают в себя инструменты предварительного анализа технического состояния запланированных к обслуживанию изделий ВВТ, прогнозирования сроков выполнения работ, а также их своевременного материально-технического обеспечения. Проанализировав соотношение плановых и фактических показателей годового товарного выпуска продукции (коэффициент ритмичности *Критм*) на предприятии ОПК выявлено, что уровень ритмичности $K_{ритм}=0,38$ (выполнение плана менее 50%) вследствие наличия в план-графике выполнения работ изделий ВВТ, не подлежащих сервисному обслуживанию в местах базирования, большой длительности производственного цикла выполнения работ (в 3-13 раз больше плановой длительности) из-за несвоевременного материально-технического обеспечения. В результате падают показатели качества выполняемых работ и удовлетворенности потребителя.

Организация проведения работ в местах базирования ВВТ осуществляется представителями эксплуатирующей организации, которые должны помимо этого выполнять свои текущие задачи, что влечет за собой периодические срывы графика работы выездной бригады и сильно затрудняет нормирование технологических операций, а постоянная смена места дислокации изделий делает невозможным оформление маршрутных карт технологических процессов. Поэтому существующие системы планирования класса MRP II, ERP, MES, APS не могут быть применимы для сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования из-за недостаточности исходных

данных для их работы (спецификации материалов и запасных частей, маршрутные карты технологического процесса, нормы времени на проведение технологических операций и др.).

Таким образом, разработка инструментов ОПП сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, позволяющих эффективно управлять данным процессом и повысить уровень ритмичности производства, является актуальной задачей для предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Степень научной разработанности темы. Вопросам оперативно-производственного планирования посвящены научные труды таких исследователей, как Фаткин А.А., Скорнякова Е.А., Кузина С.М., Зубкова Н.В., Горностаев С.А., Телишев А.М., Назаренко М.А. и др., в которых освещаются вопросы оперативного управления выпуском новой продукции на машиностроительных предприятиях. В научных трудах исследователей Пустового И.В., Бедяевой А.В., Попова М.А., Рыбакова В.А. рассматривается проблематика планирования в сфере ремонта автомобильного, железнодорожного транспорта, сельскохозяйственного оборудования, компьютерной техники.

Однако, в вышеперечисленных работах не учитывается специфика процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, имеющего свои индивидуальные особенности в части организации, планирования и управления. Исследователями Шевченко Р.В., Криволаповым Л.А., Прокопченко А.В., Пьянковым А.А. в научных трудах рассмотрены вопросы организации процесса сервисного обслуживания ВВТ, представлены варианты автоматизированных управляющих систем. Однако, в них не исследуется процесс оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, не разработаны инструменты, позволяющие решать основные проблемы, препятствующие ритмичному функционированию производственного процесса.

Таким образом, возникает актуальная научная задача, связанная с совершенствованием оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования на основе разработки математической модели производственного процесса и алгоритмов, позволяющих снизить

длительность производственного цикла выполнения работ, повысить уровень ритмичности производства и качество оказываемых услуг.

Данные факты стали основой постановки цели и задач диссертации.

Цель исследования - повышение эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования за счёт снижения длительности производственного цикла выполнения работ и повышения уровня ритмичности производства.

Задачи исследования:

1. На основе анализа процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, выявить специфику существующих методик ОПП, необходимых для осуществления его оперативного управления.

2. Обосновать и сформулировать задачу обеспечения минимальной длительности производственного цикла выполнения работ.

3. Разработать математическую модель производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, учитывающую особенности его проведения в местах базирования техники и основные проблемные ситуации, препятствующие его ритмичному функционированию.

4. Разработать инструменты ОПП, обеспечивающие повышение уровня ритмичности производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

5. Обосновать целесообразность внедрения усовершенствованной методики ОПП на промышленных предприятиях и представить рекомендации по её практическому применению.

Область исследований диссертации соответствует п. 23 паспорта специальности 2.5.22: Разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

Объектом исследования является производственный процесс сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

Предметом исследования является процесс оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

Научная новизна:

1. Разработана математическая модель производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, которая, в отличие от существующих моделей, посредством позиций и переходов сети Петри отображает основные проблемные ситуации при его функционировании, а также описывает выполнение всех этапов производственного процесса с минимальной длительностью производственного цикла работ.

2. Разработан алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования, который, в отличие от существующих алгоритмов, основан на математическом методе аддитивной свертки частных критериев технического состояния условных групп составных частей изделия ВВТ.

3. Разработан алгоритм формирования производственного запаса, который, в отличие от существующих алгоритмов, основывается на опытно-статистическом методе и учитывает необходимость формирования первоначального запаса материалов для технического обслуживания ВВТ в рамках первых работ по плану графику.

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке усовершенствованной методики оперативно-производственного планирования, которая может стать основой для разработки подобных методик в организациях, занимающихся сервисным обслуживанием в разных отраслях деятельности (сельскохозяйственной, машиностроительной, транспортной и т.д.), и позволит обеспечить развитие отечественной промышленности.

Практическая значимость диссертации:

1. Предложенная методика ОПП может быть применена не только на предприятиях-исполнителях ГОЗ, но и в других организациях, занимающихся проведением сервисного обслуживания техники.

2. Применение усовершенствованной методики ОПП для оперативного управления процессом сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования позволяет значительно повысить уровень ритмичности производства и снизить

длительность производственного цикла выполнения работ, что в конечном итоге позволяет выполнить в установленные сроки задание ГОЗ.

3. Применение инструмента мониторинга технического состояния ВВТ в рамках разработанной методики ОПШ минимизирует риски потерь собственных средств предприятия от выезда бригады специалистов на неремонтопригодные в местах базирования изделия ВВТ.

4. Применение разработанной методики ОПШ на предприятии машиностроения не требует наличия сложного программного обеспечения и большого количества трудовых ресурсов. Она может быть в дальнейшем реализована в виде автоматизированной информационной системы отечественного производства.

Методология и методы исследования. При разработке новой методики оперативно-производственного планирования использованы методологические подходы теории организации производства, а также модельно-ориентированного системного инжиниринга (MBSE).

При решении поставленных в данном научном исследовании задач использованы методы прикладного системного инжиниринга, сетевого планирования, математического моделирования и многокритериальной оптимизации, методы проектирования баз данных.

При анализе предметной и объектной области также успешно применялись принципы системного и процессного подходов в организации производства.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, которая позволяет смоделировать основные проблемные ситуации, препятствующие его ритмичному функционированию, и минимальную длительность выполнения всех этапов производственного цикла работ по сервисному обслуживанию.

2. Алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования в составе методики ОПШ, который позволяет исключить неремонтопригодные в местах базирования изделия ВВТ на этапе согласования плана-графика работ с заказчиком, тем самым повысить уровень ритмичности производства.

3. Алгоритм формирования производственного запаса в составе методики ОПП, который позволяет осуществлять своевременное материально-техническое обеспечение работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечивается использованием общеизвестных методов исследования, методологических принципов организации производства, а также сходимостью результатов проведенного модельного эксперимента и практического применением разработанных инструментов ОПП в АО «РПТП «Гранит».

Результаты исследований обсуждались на XXI, XXII, XXX, XLVI Международных научно-практических конференциях «Технические науки: проблемы и решения», на VII Международной научно-практической конференции «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей комплексов и организаций», на VI научно-технической конференции «Математическое моделирование, инженерные расчёты и программное обеспечение для решения задач ВКО», на IV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении».

Публикации. Основные результаты научного исследования опубликованы в 9 статьях в рецензируемых журналах ВАК. Всего по основным положениям диссертации опубликовано 15 статей в различных журналах и сборниках статей.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 110 наименований. Работа изложена на 125 страницах машинного текста, содержит 35 рисунков, 16 таблиц, общий объём с учётом приложений составляет 127 страниц.

1. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЕГО ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

1.1 Система сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса

В современных военно-политических условиях вопрос поддержания вооружения и военной техники в исправном состоянии для обеспечения боеготовности российской армии находится в центре внимания. Наиболее эффективным инструментом решения данного вопроса является сервисное обслуживание ВВТ. Согласно ГОСТ РВ 0101-001-2007 «Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения» сервисное обслуживание изделия военной техники – комплекс работ, направленных на поддержание и восстановление работоспособного или исправного состояния и ресурса изделия военной техники, выполняемых специалистами сервисной организации самостоятельно или с участием личного состава эксплуатирующей организации и других исполнителей. В сервисное обслуживание могут входить: все виды технического обслуживания и все виды ремонта изделия военной техники, гарантийный и технический надзор при эксплуатации изделия военной техники, работы по гарантийным обязательствам сервисной организации, работа по бюллетеням, мониторинг технического состояния изделия военной техники, хранение запасных частей и материалов, обучение специалистов эксплуатирующей организации, а также, при необходимости, другие виды работ и услуг, предусмотренные контрактом [4].

Наиболее эффективным инструментом для оперативного восстановления и поддержания в исправном состоянии образцов ВВТ в настоящее время является сервисное обслуживание в местах их базирования. Большой процент стоящей на вооружении российской армии техники представляет собой сложные радиоэлектронные системы, обслуживание которых проводится с привлечением

специалистов машиностроительных предприятий при непосредственном участии личного состава эксплуатирующей организации.

При проведении сервисного обслуживания ВВТ в местах их дислокации используется бригадный метод проведения работ, при котором бригада исполнителей, специализированная по типам изделий или операциям технического обслуживания, выполняет операции на группе изделий военной техники одного или нескольких типов [4]. Иными словами, на место дислокации изделий ВВТ с предприятия-исполнителя работ отправляется бригада специалистов для проведения сервисного обслуживания конкретных образцов ВВТ без изъятия их из эксплуатирующей организации. Данный вид сервисного обслуживания является гораздо менее затратным по сравнению с проведением работ в заводских условиях и позволяет в короткие сроки восстановить исправность и провести плановое техническое обслуживание образца ВВТ. Согласно ГОСТ 25866-83 «Эксплуатация техники. Термины и определения» эксплуатация – стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. Эксплуатация изделия включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт [5,6] Таким образом сервисное обслуживание изделия ВВТ осуществляется на стадии его эксплуатации [60].

В данной научно-квалификационной работе рассматривается сервисное обслуживание образцов ВВТ в местах их дислокации, которое включает в себя техническое диагностирование изделия, его войсковой ремонт и последующее номерное техническое обслуживание. В ГОСТ РВ 0101-001-2007 «Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения» приводятся следующие определения вышеуказанных работ:

1. Техническое диагностирование – определение технического состояния изделия военной техники. Задачами технического диагностирования являются контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (повреждения), прогнозирование технического состояния.

2. Войсковой ремонт изделия военной техники – ремонт изделия военной техники в местах размещения или базирования частей, или расположения неисправной техники силами и средствами подразделений эксплуатирующей организации заказчика, ремонтно-восстановительных или ремонтных подразделений, частей или соединений, а также бригадами ремонтных предприятий и (или) предприятий-изготовителей.

3. Техническое обслуживание изделия военной техники - комплекс операций или операция по поддержанию работоспособного или исправного состояния изделия военной техники при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. Номерное техническое обслуживание изделия военной техники - техническое обслуживание изделия военной техники, при котором определенному объему работ присваивается условное обозначение [4].

Данные виды работ проводятся последовательно друг за другом. Так в ходе технического диагностирования изделия ВВТ определяется объём и примерные сроки проведения его войскового ремонта. Последующее техническое обслуживание изделия ВВТ проводится только после приведения его в технически исправное состояние.

Все основные методики, необходимые для проведения основных операций сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования описаны в комплекте эксплуатационной документации на изделие, которая также, как и ремонтная создается на этапе разработки образца ВВТ [7].

В конечном итоге сервисное обслуживание ВВТ представляет собой систему технического обслуживания и ремонта (СТО и Р), подразумевающую ремонтпригодность изделий ВВТ [8]. Согласно технической документации личный состав эксплуатирующей организации проводит наиболее легкие операции технического обслуживания, а к наиболее сложным привлекаются специалисты промышленных предприятий. Для проведения ТО и Р используются как стандартные измерительные приборы и инструменты, так и специализированные. К непосредственному проведению работ привлекаются специалисты эксплуатирующей организации и специалисты предприятий

промышленности. Составляется разделительная ведомость, устанавливающая перечень и объём работ, выполняемых специалистами предприятия, эксплуатирующей организацией и привлекаемыми при необходимости другими организациями [4].

Перечень изделий ВВТ, которые подлежат сервисному обслуживанию на календарный год определяет заказчик посредством согласования плана - графика работ. Однако, в случае необходимости оперативного восстановления изделия, не вошедшего в план, на предприятие высылается уведомление на выполнение внеплановых работ.

Привлечение специалистов сервисных центров к проведению сервисного обслуживания изделий военной техники производится в рамках государственных контрактов, заключаемых между Министерством обороны РФ и лицензированными организациями [38]. Данные организации представляют собой производственные системы, с функционирующими в них производственными процессами.

1.2 Сервисная организация как производственная система

Согласно стандарта ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», система — это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов [9]. Однако, это лишь одно из множества определений, которые применяются в настоящее время. С точки зрения организации производства система – это средство организации функций взаимосвязанных элементов для достижения определённой цели. На основании данного определения строится понятие системного подхода, который предписывает видеть организацию как целенаправленную систему, состоящую из элементов, подсистем, реализующих определённые функции [10].

Производственная система – это система организации промышленного производства, представляющая собой совокупность множества элементов и подсистем, объединённых для осуществления выпуска готовой продукции или

оказания услуг. С точки зрения активно внедряемой в настоящее время на предприятиях концепции бережливого производства производственная система – это совокупность процессов создания ценности продукции или услуг и процессов обеспечения функционирования (метрологическое обеспечение, техническое обслуживание и ремонт и т.д.), а также информационных процессов, необходимых для реализации производственной системы [11]. Любая производственная система (ПС) – это открытая система, встроенная во внешний мир. Она состоит из трёх основных процессов:

1. Вход ПС – сырьё, материалы, ресурсы из внешней среды.
2. Производственный процесс – изготовление продукции или оказание услуги.
3. Выход ПС – готовая продукция или результат оказанной услуги, передаваемый во внешнюю среду [12].

Важной составляющей в структуре ПС является наличие обратных связей с её входом и выходом, позволяющее оперативно реагировать на изменения потребительского спроса, поставки ресурсов и т.д. Схема производственной системы приведена на рисунке 1.1.

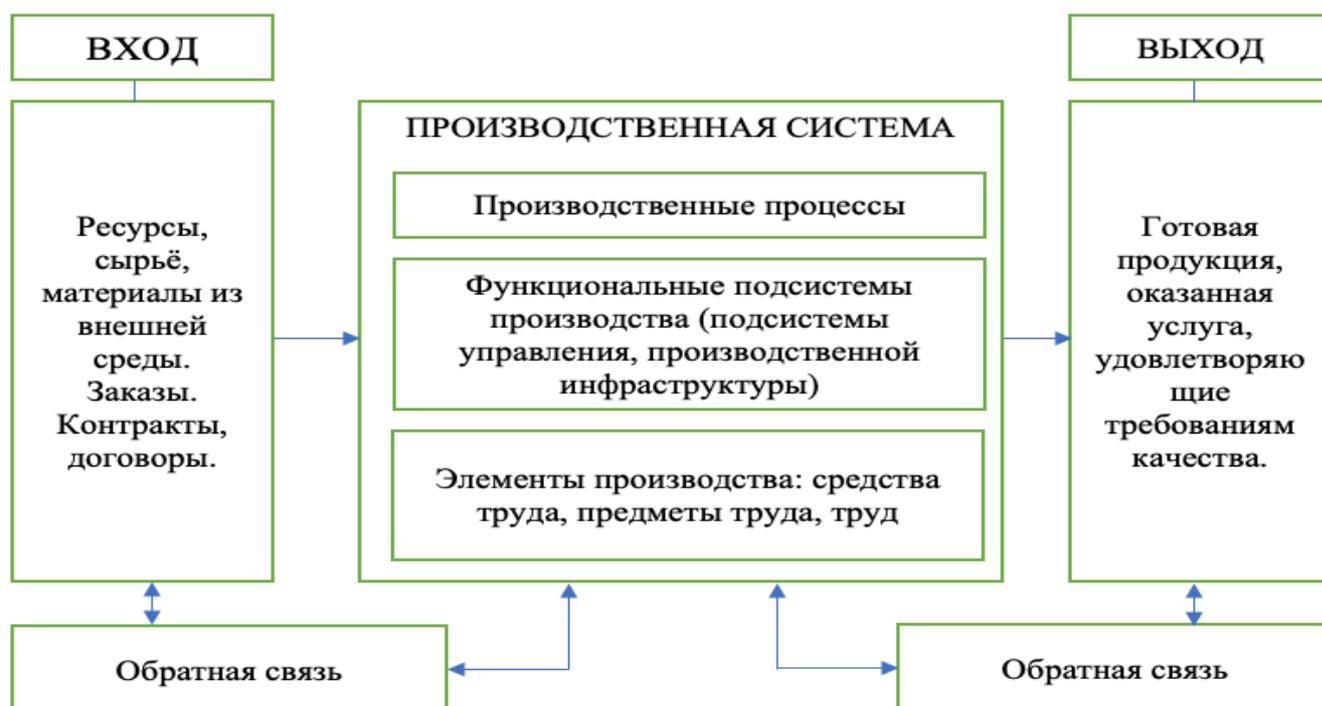


Рисунок 1.1 - Структура производственной системы

Стержнем любой производственной системы является производственный процесс, который объединяет в себе требования к кадрам, ресурсам, технологическому процессу и применяемому оборудованию. Наличие обратной связи системы с её входом подразумевает информацию о возможностях развития производственной системы с целью регулирования объёмов поступающих ресурсов. Обратная связь системы с её выходом необходима для поступления информации о спросе на продукцию, возникновении гарантийных случаев, качестве производимой продукции, что в свою очередь запускает конкретные механизмы функциональных подсистем производственной системы. Также немаловажную роль играют процессы управления и обеспечения производственного процесса. Для этого в составе производственной системы имеется управляющая подсистема (аппарат управления) и подсистема производственной инфраструктуры.

Производственное предприятие, занимающееся сервисным обслуживанием ВВТ в местах базирования (сервисная организация), также представляет собой производственную систему.

Работами по сервисному обслуживанию изделий ВВТ в местах базирования занимаются как сами эксплуатирующие организации (воинские части), так и специализированные предприятия. Согласно ГОСТ РВ 0101-001-2007 сервисная организация изделий военной техники – организация, осуществляющая сервисное обслуживание изделий военной техники по контракту с эксплуатирующей организацией, содержащему в обязательном порядке гарантийные обязательства на выполняемые работы. В качестве сервисной организации могут выступать предприятия - изготовители, ремонтные предприятия и т.п. [4]. Данное предприятие представляет собой производственную систему, структура которой представлена на рисунке 1.2.

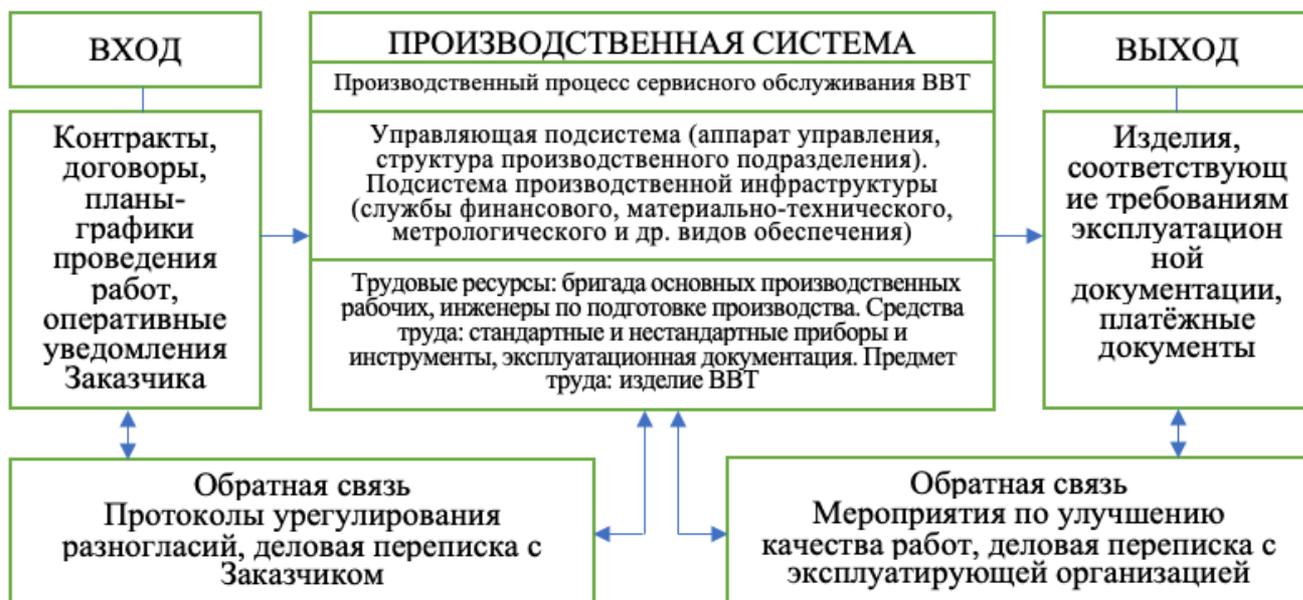


Рисунок 1.2 - Производственная система сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

Таким образом, сервисная организация является открытой производственной системой, входами которой являются контракты, договоры, планы-графики проведения работ, оперативные уведомления, утверждённые Заказчиком, а выходами – изделия, соответствующие требованиям эксплуатационной документации (ЭД) и платёжные документы, подтверждающие факт проведения работ. Открытость данной системы характеризует наличие обратных связей ПС с её входами и выходами. Посредством протоколов урегулирования разногласий вносятся поправки в заключаемые контракты на стадии их оформления, осуществляется деловая переписка с Заказчиком о внесении изменений в план-график выполнения работ по сервисному обслуживанию. Также, предприятия, работающие с гособоронзаказом, обязаны постоянно отчитываться Заказчику о ходе ведения работ. По результатам анализа проблемных вопросов, возникающих в ходе исполнения контракта, учитывая пожелания и рекомендации эксплуатирующих организаций, службой качества совместно с производственным подразделением проводятся мероприятия по повышению качества проводимых работ, что создаёт обратную связь производственной системы с её выходом [13].

Для обеспечения нормального функционирования системы сервисного обслуживания вооружения и военной техники необходимо наличие производственного подразделения в составе предприятия, обеспечивающего подготовку производства и непосредственное выполнение работ, аппарата управления, выполняющего функции планирования, контроля и оперативного регулирования ходом производственного процесса, а также производственной инфраструктуры, выполняющей задачи материально-технического, финансового, метрологического и других видов обеспечения производства.

На практике, в крупных сервисных организациях, работающих с Министерством обороны РФ по государственным контрактам, ранее применялась линейная структура управления, в которой главным был принцип единоначалия и все управленческие решения принимал генеральный директор предприятия. В настоящее время применяется линейно-функциональная система управления, в которой функции управления распределяются между соответствующими функциональными структурами [51]. В качестве функциональных менеджеров в штатное расписание предприятия вводятся такие должности как заместитель генерального директора по производству, заместитель генерального директора по качеству, заместитель генерального директора по экономике и т.д.

Управляющая подсистема и подсистема производственной инфраструктуры постоянно находятся во взаимодействии с элементами производства, которыми являются средства труда, предметы труда и сам труд. В качестве трудовых ресурсов в производственной системе сервисного обслуживания ВВТ выступают бригады узкоспециализированных специалистов, которые являются непосредственными производителями работ на выезде и группа инженеров, занимающихся подготовкой производства на местах. Совокупность слаженных действий всех задействованных работников обеспечивает функционирование производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

1.3 Производственный процесс сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Любой производственный процесс представляет собой совокупность действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления конечной продукции [14]. Конечная продукция может представлять собой вновь изготовленное изделие или его часть, а также оказанную услугу [87]. В нашем случае конечной продукцией при проведении сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования будут являться отремонтированные и прошедшие техническое обслуживание в соответствии с требованиями ЭД изделия военной техники и акты выполненных работ (платёжные документы), подписанные командиром эксплуатирующей организации. Также любой производственный процесс состоит из совокупности основных, вспомогательных и обслуживающих процессов.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 управление производственным предприятием сводится к управлению процессами [52]. Процессный подход позволяет организации управлять взаимосвязями и взаимозависимостями между процессами системы, что приводит к улучшению результатов деятельности организации [68]. На рисунке 1.3 представлено схематическое изображение любого процесса согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [15].

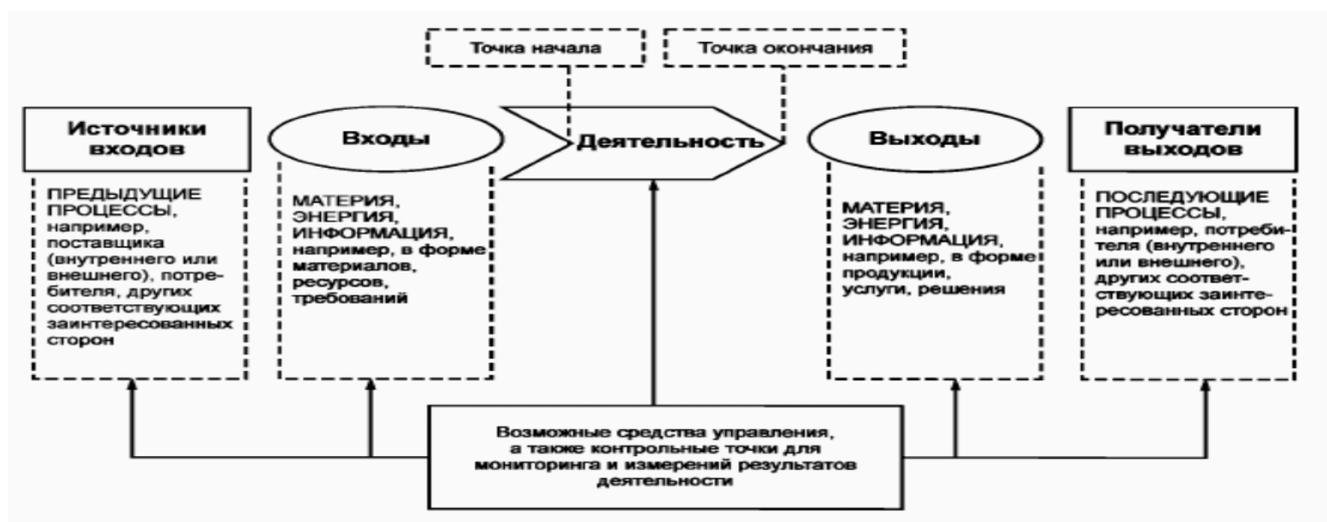


Рисунок 1.3 - Схематическое изображение процесса по ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [15]

Исходя из вышеизложенного, можно построить схему процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования (Рисунок 1.4). При этом представим составную часть «Деятельность» в виде основных стадий производственного процесса сервисного обслуживания [16].

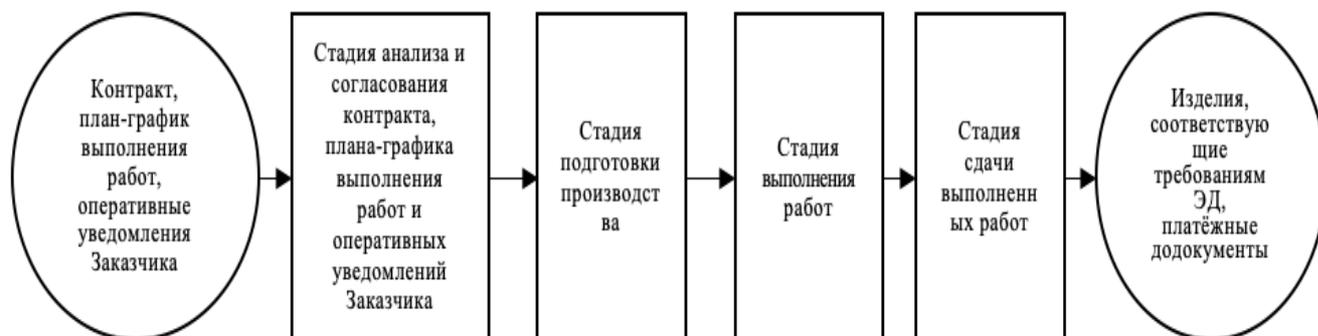


Рисунок 1.4 - Производственный процесс сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в войсковых условиях [16]

«Входами» процесса, а именно информацией, позволяющей осуществлять «Деятельность», являются контракт, заключаемый между сервисным центром и заказчиком (Министерство обороны РФ, другое предприятие – держатель контракта), план-график проведения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования на год, а также различные оперативные уведомления Заказчика по проведению срочных, незапланированных работ.

Далее на первой стадии процесса производится анализ полученных входных документов и их согласование. Производственное подразделение проводит детальный анализ поступивших документов, направляет свои предложения в соответствующую службу предприятия по договорной работе, которая в свою очередь составляет протокол разногласий и отправляет его заказчику. Посредством деловой переписки предприятия вносятся необходимые изменения во входные документы и начинается стадия подготовки производства. Таким образом стадия анализа и согласования «входов» процесса, также представляется как процесс (Рисунок 1.5)

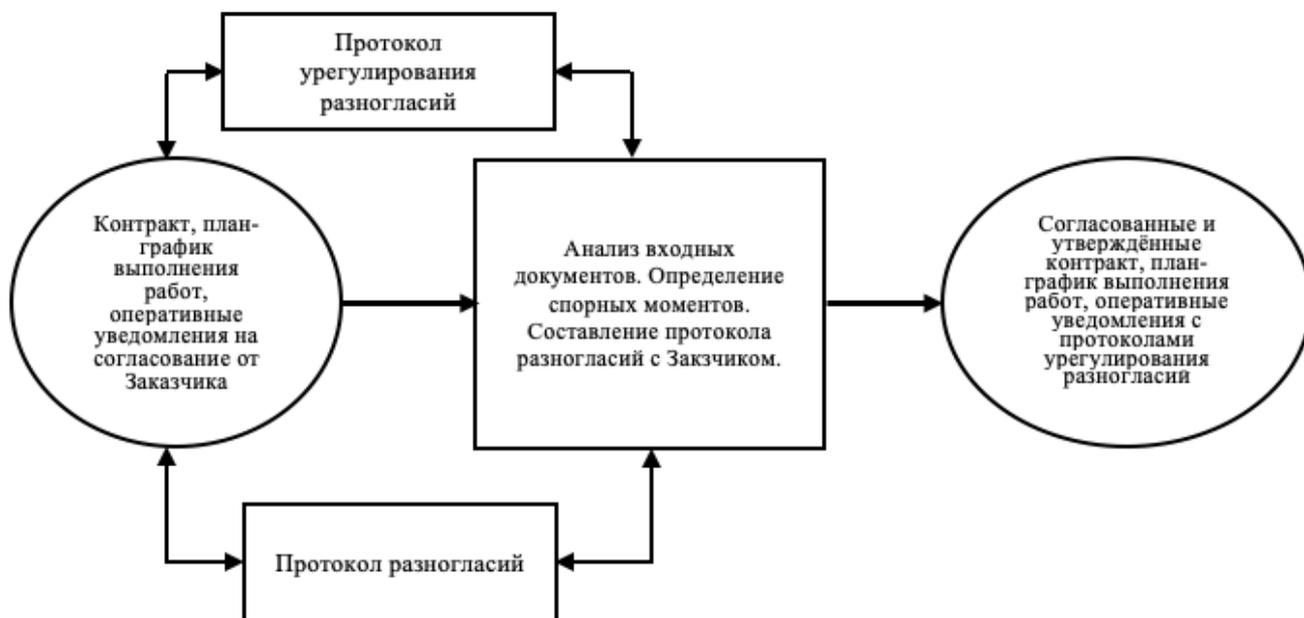


Рисунок 1.5 - Стадия анализа входов процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

На стадии подготовки производства определяется список кооперации предприятий-соисполнителей контракта и утверждается заказчиком, также проводятся работы по материально-техническому, финансовому, метрологическому, конструкторско-технологическому обеспечению производства, которые представляют собой вспомогательные процессы, осуществляемые соответствующими подразделениями предприятия. Отделом материально-технического обеспечения осуществляется снабжение производственного подразделения необходимыми запчастями и материалами для проведения работ, конструкторско-технологическое бюро обеспечивает необходимой документацией, финансово-экономическая служба прогнозирует плановую стоимость работ и организует выдачу средств на командировочные расходы, лаборатория измерительной техники осуществляет выдачу необходимых измерительных приборов и поверку имеющихся. Производственным подразделением в это время осуществляется деловая переписка с эксплуатирующей организацией о готовности принять бригаду специалистов для проведения работ, о техническом состоянии изделий ВВТ, подлежащих обслуживанию. Далее сформировывается бригада специалистов во главе с руководителем работ, которому на руки выдаются все необходимые документы,

регламентируемые контрактом, утверждённые руководством предприятия и согласованные военным представительством. Со склада производственного подразделения подготавливаются к отгрузке отремонтированное имущество и закупленные материалы и запасные части для проведения сервисного обслуживания. Таким образом, стадию подготовки производства сервисного обслуживания также можно представить как процесс (Рисунок 1.6), «входами» которого являются «выходы» предшествующего процесса (согласованные контракт, план-график и т.д.), а «выходами» будут являться утверждённые документы, регламентированные контрактом (техническое задание на проведение сервисного обслуживания, удостоверения на право проведения работ для всех членов бригады, командировочные удостоверения и предписания на проведение работ для специалистов, накладная на отгруженное имущество и список кооперации соисполнителей, согласованный с заказчиком).

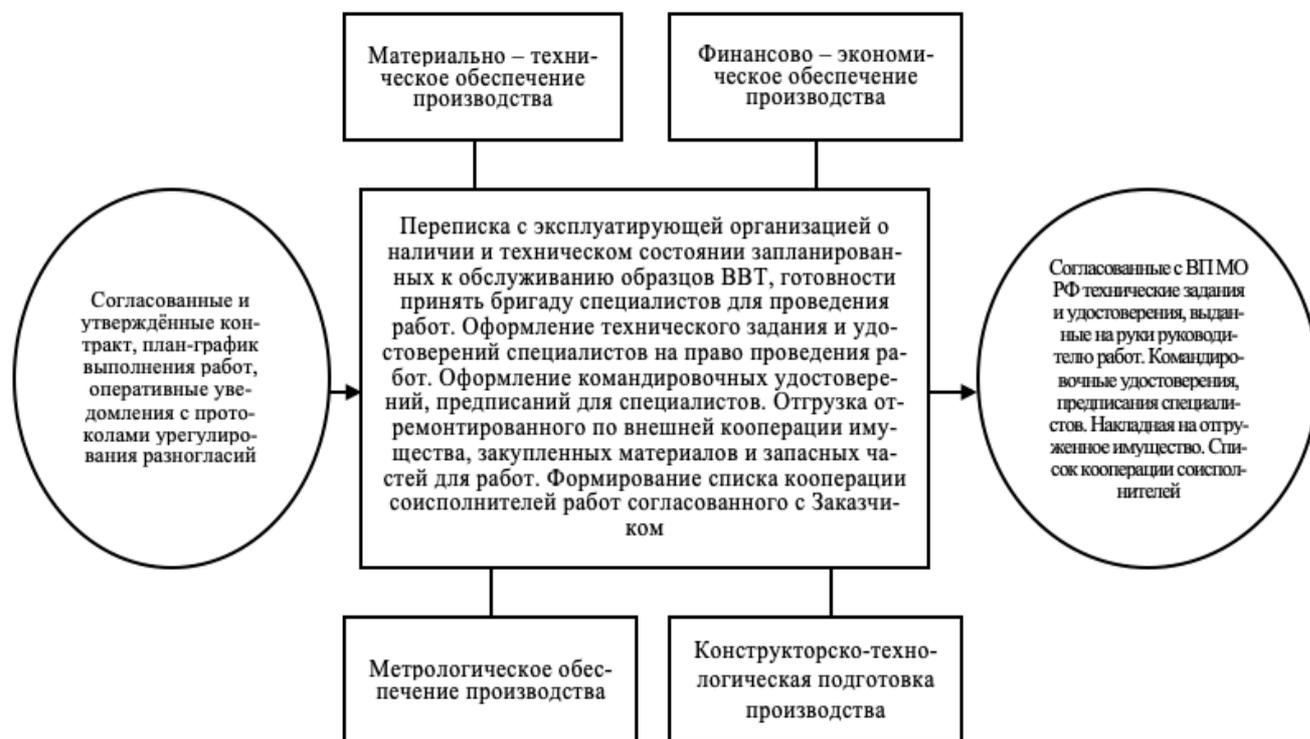


Рисунок 1.6 - Стадия подготовки производства сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

После того как стадия подготовки производства завершается, руководство предприятия совместно с военным представительством принимает решение о

начале работ. Обычно это подтверждается наличием соответствующих подписей на техническом задании, удостоверениях и командировочных удостоверениях. После этого производственный процесс сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования переходит в стадию выполнения работ.

Укрупнённая схема процесса выполнения работ по сервисному обслуживанию представлена на рисунке 1.7.

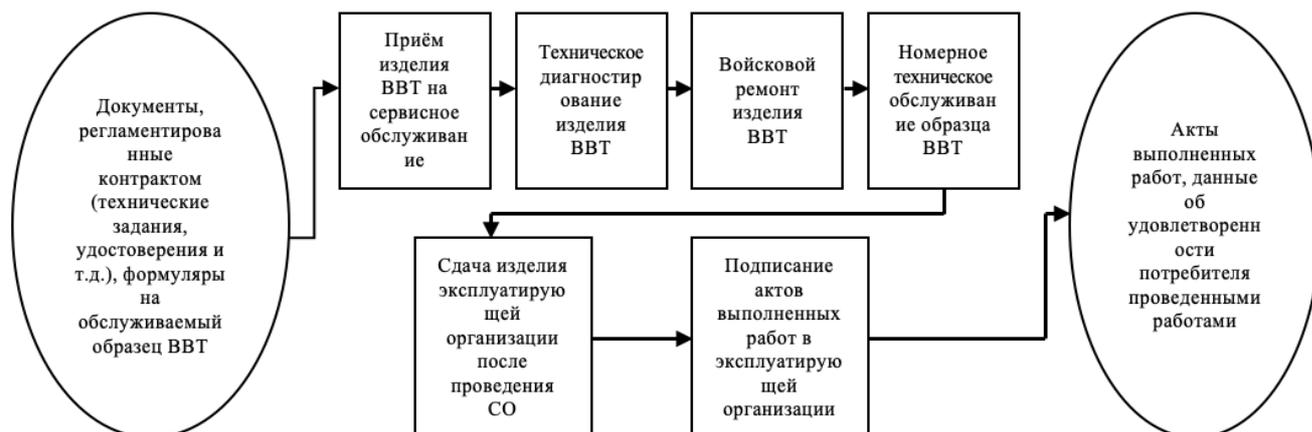


Рисунок 1.7 - Стадия выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования

Стадия выполнения работ начинается с приёма образца ВВТ для проведения сервисного обслуживания. На основании типового контракта на проведение работ принимаемое изделие должно быть очищено от грязи, без стрелкового оружия, заправленное всеми необходимыми ГСМ и в комплектности согласно формуляру. В случае если эксплуатирующая организация не представит изделие ВВТ в надлежащем виде для проведения сервисного обслуживания, сервисная организация вправе отказаться проводить работы на данном изделии.

На рисунке 1.8 фазы проведения технического диагностирования, войскового ремонта и номерного технического обслуживания проводятся в соответствии с эксплуатационной документацией, разработанной в рамках системы ТО и Р на заводе – изготовителе данных образцов ВВТ. На основании операционных карт, различных методик, приведённых в эксплуатационной документации, бригада специалистов сервисной организации проводит сервисное обслуживание изделий, указанных в техническом задании. Всё задефектованное

имущество, которое невозможно починить в войсковых условиях, собирается для отправки в ремонт по внешней кооперации (на предприятия – соисполнители государственного контракта). При этом неисправные составные части заменяются на исправные из группового комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) эксплуатирующей организации. В случае отсутствия возможности замены неисправного узла из ЗИП работы по войсковому ремонту на данном изделии приостанавливаются и неисправный узел отправляется в ремонт либо запускается процедура закупки нового узла. Таким образом, работы по войсковому ремонту и номерному техническому обслуживанию будут завершены позже после возвращения исправного имущества в воинскую часть.

После проведения номерного технического обслуживания производится сдача обслуженного изделия представителям эксплуатирующей организации, оформление документов и согласование актов выполненных работ с руководством эксплуатирующей организации. Помимо этого, оформляется документ, позволяющий оценить степень удовлетворенности потребителя проведенными работами.

Таким образом «выходами» данного процесса будут являться акты выполненных работ, документ о степени удовлетворённости проведёнными работами, накладная и наряд на отгрузку неисправного имущества в ремонт со склада эксплуатирующей организации.

По результатам проведённого сервисного обслуживания в производственном подразделении проводится совещание, на котором руководитель работ докладывает о количестве обслуженных изделий ВВТ, объёмах незавершенного ремонта, трудностях, возникших во время проведения работ. С момента передачи актов выполненных работ в производственное подразделение начинается последняя стадия производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования – стадия сдачи выполненных работ, которую также можно представить в виде процесса (Рисунок 1.8).

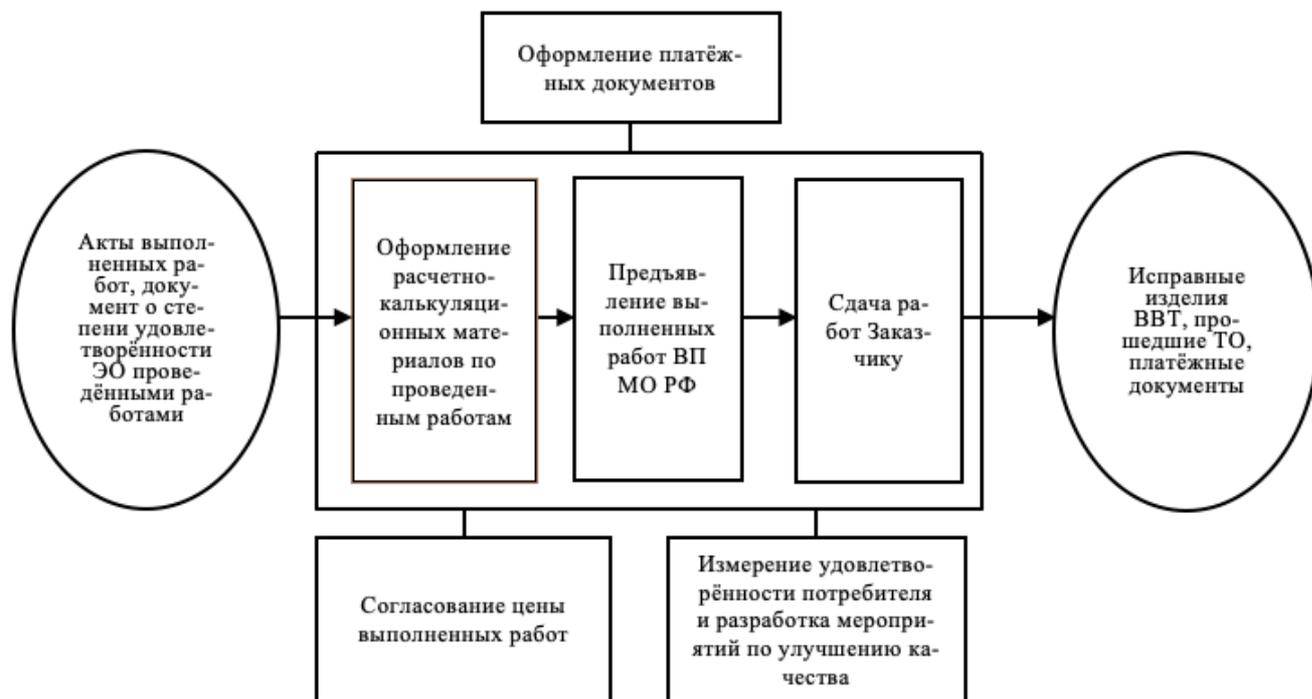


Рисунок 1.8 - Стадия сдачи выполненных работ

На стадии сдачи выполненных работ осуществляется формирование расчётно-калькуляционных документов на основании актов выполненных работ, предоставленных руководителем бригады. После этого пакет документов предъявляется военному представительству, которое выдаёт удостоверение о соответствии выполненных работ условиям контракта и заключение об их цене. Далее производственное подразделение отчитывается о проведенных работах перед заказчиком.

Параллельно с основным процессом, осуществляемым производственным подразделением, функционируют несколько вспомогательных процессов. Финансово-экономическая служба предприятия осуществляет согласование цены работ, а бухгалтерия выписывает платёжные документы на оплату. Соответственно, «выходами» процесса будут являться оформленные платёжные документы и исправные изделия ВВТ, соответствующие требованиям ЭД.

Согласно требованиям ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники» организация должна проводить мониторинг информации, касающейся восприятия потребителем выполнения

организацией его требований как одного из способов измерения работы системы менеджмента качества. Должны быть установлены методы получения и использования этой информации [17,43]. Для этих целей воспользуемся методикой, применяемой на предприятиях АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей». Так как работы по сервисному обслуживанию проводятся на территории эксплуатирующих организаций, то одним из методов оценки удовлетворённости потребителя является заполнение анкеты, в которой представитель эксплуатирующей организации оценивает проведённые работы по сервисному обслуживанию по нелинейной девятибалльной шкале. Девятибалльная шкала позволяет повысить объективность оценки за счет повышения чувствительности высших баллов и получить адекватную информацию об удовлетворенности потребителя. Она формируется из пятибалльной, путем расширения диапазона оценок, соответствующих «отлично», «хорошо», «удовлетворительно». Соответствие девятибалльной шкалы оценки классической пятибалльной шкале приведено в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Соответствие девятибалльной шкалы оценивания пятибалльной

Пятибалльная	Расширенная пятибалльная шкала	Девятибалльная
5 (отлично)	5 + (пять с плюсом)	9
	5 (пять ровно)	8
	5 – (пять с минусом)	7
4 (хорошо)	4 + (четыре с плюсом)	6
	4 (четыре ровно)	5
	4 – (четыре с минусом)	4
3 (удовлетворительно)	3 + (три с плюсом)	3
	3 (три ровно)	2
2 (плохо)	2 (два ровно)	1

Измерение удовлетворенности потребителей включает следующие этапы:

- сбор исходных данных;
- обработка информации, полученной от эксплуатирующих организаций;
- вычисление комплексного показателя и среднего уровня удовлетворённости эксплуатирующей организации;

Комплексный показатель удовлетворенности потребителя в процентах вычисляется по формуле:

$$Y_k = \sum_{j=1}^n \frac{V_j \cdot U_j}{9} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

где: V_j – весовой коэффициент j -го показателя удовлетворенности ($\sum V_j = 1$);

U_j – оценка удовлетворенности по j -му показателю (в баллах);

n – число показателей удовлетворенности.

Значения весовых коэффициентов V_j приведены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Значения весовых коэффициентов показателей удовлетворенности

№ п/п	Оцениваемые показатели удовлетворенности	Весовой коэффициент V_j
1	Качество продукции / выполненных работ	0,30
2	Соблюдение сроков поставки продукции / выполнения работ	0,25
3	Уровень организации работ	0,15
4	Квалификация и компетентность персонала организации поставщика	0,15
5	Удовлетворенность сотрудничеством с предприятием	0,10
6	Реализация ожиданий потребителя	0,05

Вычисление показателей удовлетворенности потребителя позволяет проводить мониторинг качества выполняемых работ, а также получать обратную связь после введения каких - либо новшеств в систему управления и обеспечения

производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования. [63].

Подробно описав все стадии производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, определим его следующие специфические особенности:

1. Сервисное обслуживание ВВТ в местах базирования проводится при участии представителей эксплуатирующей организации, которые осуществляют контроль качества и ежедневную организацию работ на местах. При этом работы ведутся на открытых площадках. В графике работы выездной бригады возникают постоянные сбои ввиду привлечения данных представителей для выполнения других текущих задач, а также из-за плохих погодных условий, препятствующих выполнению работ. Этот факт делает невозможным нормирование операций и определение точных сроков выполнения работ.

2. Постоянная смена мест базирования обслуживаемого изделия ВВТ не позволяет разработать маршрутные карты технологических процессов сервисного обслуживания ВВТ, которые подразумевают описание инструмента, оборудования, оснастки и инвентаря, применяемого для выполнения технологических операций. А смена мест базирования образца ВВТ подразумевает постоянно изменяющуюся обеспеченность рабочих мест.

3. Большинство запасных частей из состава изделий ВВТ производится на единственном заводе-изготовителе и имеют длительный цикл изготовления, поэтому отсутствует возможность их ритмичных поставок для оперативного восстановления техники.

Наличие вышеуказанных специфических особенностей производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования подразумевает необходимость индивидуального подхода к организации системы управления. Пренебрежение данными факторами может привести к снижению качества выполняемых работ и срывам сроков выполнения ГОЗ.

Одним из инструментов управления ходом производственного процесса является оперативно-производственное планирование, которое позволяет

поддерживать его ритмичность и непрерывность. Именно этот инструмент управления обеспечивает слаженную работу производственного подразделения с вспомогательными службами для обеспечения выпуска продукции высокого качества [90, 91].

1.4 Сущность и организация оперативно-производственного планирования на предприятии

Оперативно-производственное планирование (ОПП) является завершающей стадией всего планирования на предприятии и заключается в распределении текущего плана предприятия по цехам, участкам или производственным подразделениям с указанием сроков выполнения работ для равномерного выполнения производственной программы и эффективного использования трудовых, материальных, финансовых и других видов ресурсов [18].

Главной задачей ОПП является организация совместной работы всех подразделений предприятия для обеспечения ритмичного выпуска продукции конкретной номенклатуры и конкретного объёма [19]. Следствием выполнения данной задачи является оптимизация расходования ресурсов предприятия, организация своевременных закупок сырья и материалов для обеспечения производства, уменьшение длительности производственного цикла, постоянный контроль за ходом производственного процесса и его оперативное регулирование и т.д [50].

ОПП включает в себя оперативно-календарное планирование (ОКП) и оперативное регулирование (диспетчирование) производства.

Оперативно-календарное планирование (ОКП) заключается в детализации годового плана предприятия по срокам выпуска продукции, составлении календарного плана на определенный период и своевременном доведении его до цеха, участка или производственного подразделения [19].

Оперативное регулирование (диспетчирование) производственного процесса заключается в систематическом контроле за его ходом, проведении

профилактических мероприятий по устранению причин, нарушающих ритм производства, принятии оперативных мер по устранению сбоев в ходе производственного процесса [19].

Также в зависимости от сферы применения ОПП подразделяется на межцеховое и внутрицеховое. Первым видом занимается производственно-диспетчерский отдел (ПДО) предприятия, а второе осуществляется внутри производственного подразделения, цеха или участка [56].

На межцеховом уровне ПДО осуществляет разработку сводного календарного плана работы всех производственных подразделений предприятия, расчёт календарно-плановых нормативов, оперативный учет и контроль за ходом выполнения календарного плана по всему предприятию. На внутрицеховом уровне производится дальнейшая детализация календарного плана, разработка и выдача сменно-суточных заданий и контроль за их выполнением. Данные функции на уровне производственного подразделения обычно выполняет производственно-диспетчерское бюро (ПДБ), которое также подает ПДО свои предложения в календарный план работ следующего периода [96].

ОПП должно учитывать специфику производства, тип производства, технологию производства, конструктивные особенности выпускаемой продукции, уровень внешней кооперации производства и т.д. При создании системы ОПП должна обязательно быть взаимосвязь со снабжением, конструкторской и технологической подготовкой производства, бюджетированием [19].

Система ОПП – это комплекс методов, норм и нормативов, обеспечивающих научнообоснованную организацию планирования и оперативное регулирование производства [18]. В состав любой системы ОПП входят:

- Планово-учётный период – период, на который составляется план.
- Планово-учётная единица – объект планирования (заказ, узел, деталь, машинокомплект и т.д.).
- Календарно – плановый норматив – количественные и временные показатели (размер партии, длительность производственного цикла и т.д.) [19].

Наибольшее распространение на предприятиях машиностроения получили позаказная, покомплектная и поддетальная системы ОПП. Каждая из них применима к определённому типу производства, единичному (мелкосерийному), серийному и массовому соответственно.

При позаказной системе планирования планово-учётной единицей является заказ, а установленные сроки выполнения заказа определяют сроки его запуска. Таким образом планирование идет в порядке обратном ходу технологического процесса, а календарно-плановым нормативом обычно является длительность производственного цикла выполнения заказа.

Покомплектная система ОПП применяется в серийном производстве. Планово-учётной единицей здесь является комплект деталей или узловой комплект или машинокомплект. К календарно-плановым нормативам здесь можно отнести длительность производственного цикла, размер партии. Комплекты формируются по принципу общности технологического маршрута обработки, применяемого оборудования или периодичности запуска.

В массовом производстве применяется поддетальная система ОПП, планово-учётной единицей которой является деталь. Календарно-плановыми нормативами здесь могут являться такт поточной линии, длительность производственного цикла, заделы и т.д [88].

Для осуществления планирования на предприятии чаще всего используются следующие методы:

- нормативный метод, подразумевающий разработку единой системы норм и нормативов, касающихся технологических операций, расхода сырья и материалов, численности персонала и т.д.;

- балансовый метод, основанный на формировании взаимосвязей между потребностями предприятия и его возможностями, в части касающейся производственной мощности, потребности в сырье и материалах, финансовой обеспеченности и т.д.;

- расчетно-аналитический метод, основанный на расчёте численных показателей разрабатываемого плана;

- графоаналитический метод, основанный на применении графических методов для визуального понимания результатов планирования стадий производственного процесса [89];

- программно-целевые методы, подразумевающие формирование модели процесса для постановки на ней эксперимента. Различают методы математического, статистического, физического и имитационного моделирования [20].

На практике применяются различные программно-инструментальные средства для осуществления планирования. Наиболее известны сегодня MRP и ERP системы, а также более современные системы CSRP, MES и APS, позволяющие осуществлять полное управление организацией [55]. Отдельно стоит сказать про наиболее известные отечественные разработки в области планирования, реализованные корпорацией «Галактика» («ERP Галактика», «Галактика MES» и др.), компанией «АСКОН» («Лоцман: PLM», «Гольфстрим»), «1С: ERP» от компании «1С» и др. На рисунке 1.9 представлен полный цикл планирования деятельности предприятия, включающий в себя элементы стратегического, тактического и оперативно-производственного планирования, а область применения той или иной системы отображена отдельным цветом [21].

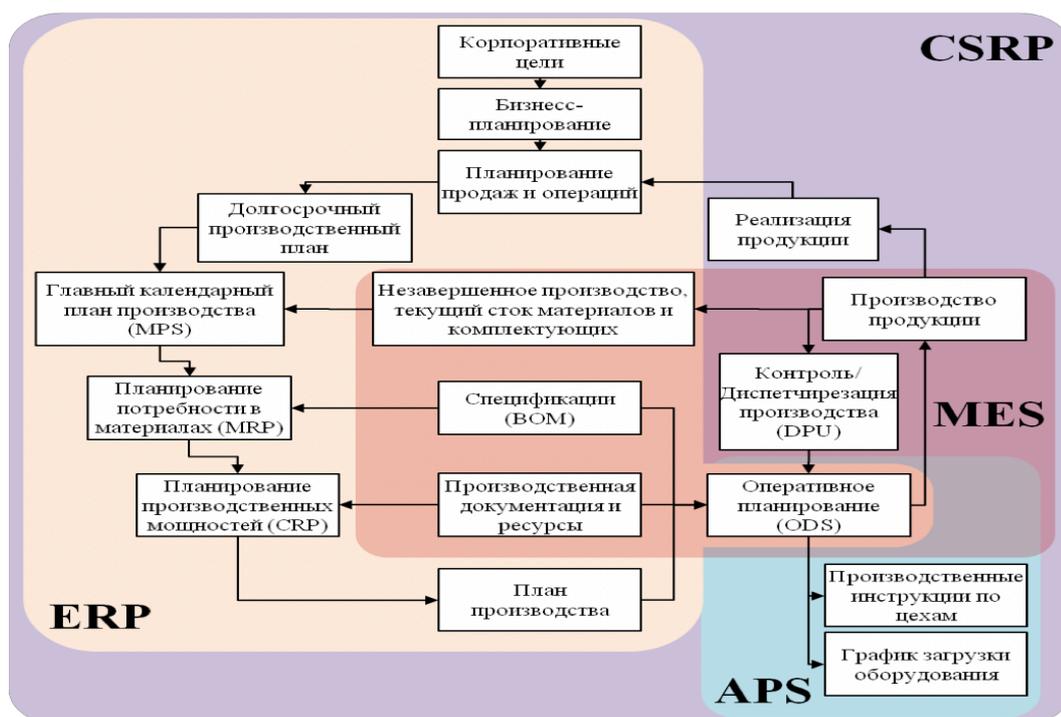


Рисунок 1.9 - Информационные системы производственного планирования [21]

Из рисунка 1.9 видно, что оперативно-производственное планирование (ОПП) охвачено всеми типами информационных систем. Данный тип планирования является наиболее изученным в настоящее время и является основой слаженной и ритмичной работы любого предприятия [57].

К недостаткам данных информационных систем можно отнести их высокую стоимость и необходимость установки платных обновлений, отсутствие инструментов бережливого производства. Наиболее подходящими для осуществления функций ОПП в настоящее время являются MES – системы, которые представляют собой прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач оперативного управления выпуском продукции в назначенные сроки [21].

Данные информационные системы разработаны для управления текущей производственной деятельностью предприятия, специализированного на производстве какой-либо новой продукции и мало подходят для сферы производства услуг (сервиса). Основой для их работы служат исходные данные (нормы времени на выполнение технологических операций, маршрутные карты технологического процесса, нормы расхода запасных частей и материалов и т.д.), которые, как указывалось ранее, невозможно предоставить в случае с сервисным обслуживанием ВВТ в местах базирования ввиду наличия специфических особенностей данного процесса.

Рассматривая системы оперативно-производственного планирования, применяемые в агропромышленном комплексе при ремонте сельскохозяйственной техники, в сфере железнодорожного транспорта при ремонте локомотивов и вагонов, а также в автомобилестроении при ремонте автомобилей [47,97,98,99,100], выявлены следующие ключевые особенности, не позволяющие применять их при проведении сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования:

1. Работы по сервисному обслуживанию локомотивов, сельскохозяйственной техники и автомобилей в большинстве случаев проводится в стационарных условиях (депо, цех, станция техобслуживания и т.д.), что

позволяет разработать маршрутные карты технологических процессов, провести нормирование технологических операций, создать необходимую производственную базу (оборудование, инструмент, спецоснастка и т.д.).

2. В случае отсутствия возможности транспортирования неисправной техники в ремонтный цех, работы по сервисному обслуживанию железнодорожной, сельскохозяйственной и автомобильной техники проводятся на месте эксплуатации без участия представителей эксплуатирующей организации, что также не создает препятствий для адекватного нормирования выполняемых работ.

Учитывая вышеизложенное, принимая во внимание основные особенности производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, можно сделать вывод о необходимости индивидуального подхода к осуществлению его оперативного управления. Данный подход заключается в наличии отдельной методики ОПП, позволяющей поддерживать ритмичное и непрерывное функционирование производственного процесса.

1.5 Процесс оперативно – производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Работы по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования относятся к сфере государственного оборонного заказа, при этом планирование данных работ осуществляется централизованно посредством согласования план-графика на календарный год. Рассмотрим для начала процесс планирования работ по линии Министерства обороны.

Итак, сервисное обслуживание ВВТ проводится на основании заключённых со сторонними организациями государственных контрактов. Работы организуются в соответствии с план-графиком проведения работ по сервисному обслуживанию вооружения в Вооружённых силах Российской Федерации (далее –

план-график), а в исключительных случаях, по указанию заказчика, которые оформляются в виде оперативных уведомлений.

Для планирования работ по сервисному обслуживанию из военных округов в Министерство обороны поступают предложения в план-график работ на календарный год. В свою очередь, эти предложения формируются на основании данных, поступающих воинских частей и соединений, входящих в зону ответственности соответствующих военных округов [40,106].

На основании полученных данных Министерство обороны разрабатывает и утверждает план-график проведения работ, который является неотъемлемой частью государственного контракта. При этом данный документ согласовывается с предприятием - исполнителем работ по ГОЗ, которое также может внести свои корректировки. После этого выписки из план-графика и копии утверждённых контрактов рассылаются в военные округа, которые, в свою очередь, формируют выписки для воинских частей, входящих в их зону ответственности [40,61].

На основании полученных выписок из плана-графика руководство эксплуатирующих организаций организует дефектацию изделий, подлежащих плановому обслуживанию, и направляют в военные округа дефектационные ведомости, заявки на необходимые материалы, ГСМ, ЗИП и копии материалов расследований (при выходе образца ВВТ из строя по вине эксплуатации).

Далее, соответствующие службы военных округов должны отправлять уведомления на вызов специалистов предприятий промышленности в адрес головного исполнителя работ и его военного представительства (ВП). Также, в данном уведомлении указывается перечень необходимых запасных частей и материалов необходимых для проведения работ. Получив данное уведомление, предприятие – исполнитель работ отправляет в воинскую часть письмо со списком командированных специалистов и датой их прибытия в воинскую часть [101].

Руководство воинской части совместно с руководителем работ от предприятия – исполнителя разрабатывают календарный план-график выполнения работ. Имея в качестве исходных данных сроки проведения работ по

плану-графику, а также объём войскового ремонта, выявленный при техническом диагностировании изделия, определяются планируемые даты завершения восстановления образца ВВТ и его номерного технического обслуживания, которые заносятся в календарный план-график, утверждаемый командиром воинской части. Фактические даты завершения работ проставляются в последний рабочий день и в случае выхода за пределы спланированных сроков должно быть представлено письменное обоснование на продление работ (например, плановые учения, не позволяющие привлечь личный состав воинской части к проводимым работам).

Ежедневно руководство эксплуатирующей организации совместно с руководителем работ от предприятия – исполнителя оформляют план-задание на следующий день, в котором указываются планируемые к выполнению работы. К концу дня подводятся итоги выполнения план-задания и доводится до исполнителей план работ на следующий день.

Таким образом, планирование работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования можно представить в виде процесса (Рисунок 1.10)



Рисунок 1.10 - Процесс планирования работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования

«Входами» процесса будут являться предложения в план-график работ, поступающие от эксплуатирующихся организаций, а «выходами» - согласованные с руководством эксплуатирующей организации ежедневные план-задания и отчет о ходе проведения сервисного обслуживания, предоставляемый еженедельно в военный округ.

Вышеизложенный процесс планирования работ по сервисному обслуживанию осуществляется по линии заказчика работ и необходим для ежегодного планирования объёмов ГОЗ. В случае неисполнения план-графика работ предприятие-исполнитель обязано предъявить оправдательные документы (убытие обслуживаемой техники на учения, аварийные повреждения техники, не позволяющие провести сервисное обслуживание и т.д.), в противном случае к предприятию могут быть применены санкции.

Учитывая важность исполнения в срок заданий ГОЗ, с целью обеспечения ритмичного и непрерывного функционирования производственного процесса, на предприятии должна функционировать система оперативно-производственного планирования.

Целью ОПП основного производства является обеспечение качественного и своевременного выполнения плана производства, договорных обязательств предприятия перед заказчиками и принятых решений по выпуску продукции по установленной номенклатуре работ в заданных объёмах, при наиболее эффективном использовании всех видов производственных ресурсов предприятия.

Главной задачей ОПП является организация слаженной ритмичной работы производственных подразделений для обеспечения выпуска товарной продукции основного производства.

Рассмотрим процесс оперативно-производственного планирования, применяемый на предприятии, осуществляющим работы по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования.

Производственный процесс сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования относится к единичному типу производства, так как характеризуется широкой номенклатурой изделий, малым объёмом выпуска одинаковой продукции, большой долей ручного труда, а также нестабильностью производства по объёму [53]. Планово-учётной единицей в данном случае будет являться конкретный образец ВВТ, запланированный к обслуживанию. Основным календарно-плановым нормативом является длительность производственного

цикла, уменьшение которой является одним из показателей эффективности процесса ОПП.

Оперативно-производственное планирование состоит из оперативно-календарного планирования (ОКП) и диспетчирования работ. ОКП включает в себя детализацию (в соответствии с заключёнными договорами с заказчиками, директивными документами и принятыми решениями) плановых заданий по номенклатуре производственных подразделений и доведение их до исполнителей.

Диспетчирование включает в себя оперативный учёт и контроль выполнения производственных заданий и договорных обязательств перед заказчиками, оперативное регулирование хода производства.

Методика оперативно-календарного планирования производственного процесса сервисного обслуживания, применяемая на предприятиях отрасли, во многом схожа с методикой планирования работ по линии Министерства обороны. Производственное подразделение, основываясь на согласованном годовом плане-графике работ по сервисному обслуживанию и имеющихся оперативных уведомлений Заказчика, подаёт в планово-диспетчерский отдел (ПДО) предприятия предложения в «План-график основных работ предприятия». ПДО анализирует предложения на соответствие сроков выполнения работ утверждённому плану производства предприятия по номенклатуре, договорным обязательствам предприятия перед заказчиками, директивным документам и принятым решениям по основному производству и разрабатывает «План-график основных работ предприятия», который утверждается заместителем генерального директора по производству.

Производственные задания на планируемый месяц доводятся в производственные подразделения в виде выписок из утверждённого «План-графика основных работ предприятия». В конце месяца производственные подразделения формируют отчёты о выполнении производственных заданий, на основании которых ПДО формирует отчет о выполнении «План-графика основных работ предприятия» и организует доклад на итоговом производственном совещании.

Таким образом, процедуру ОКП производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования можно представить в виде процесса (Рисунок 1.11), входными данными которого будут являться план-график проведения работ, оперативные уведомления, информация о незавершённых работах, а на выходе получим «План-график основных работ предприятия» и производственные задания для производственных подразделений в виде выписок из него.



Рисунок 1.11 - Процесс оперативно-календарного планирования работ основного производства

Незавершённые работы появляются в результате отсутствия в ЗИП эксплуатирующей организации необходимых комплектующих для замены в ходе выполнения работ по войсковому ремонту, а также ввиду отсутствия на складах предприятия материалов для проведения номерного технического обслуживания. В первом случае изделие остаётся неисправным, номерное техническое обслуживание на нём проводить нельзя, работы приостанавливаются на срок необходимый для закупки необходимых комплектующих. Во втором случае работы по номерному техническому обслуживанию приостанавливаются до момента закупки необходимых материалов. Иногда возникают другие причины, ведущие за собой приостановку работ. К таковым относятся плановые и внеплановые учения, к которым привлекается эксплуатирующая организация, внезапно возникшая необходимость выполнения срочных работ по оперативным уведомлениям Заказчика в других эксплуатирующих организациях и т.д. Но

наиболее часто накопление объёма незавершённого производства происходит по причине необходимости закупки требуемых для проведения сервисного обслуживания комплектующих и материалов. Производственное подразделение предлагает внести незавершенные ранее работы в «План-график основных работ предприятия» как только исчезнут возникшие ранее основания для их незавершения (например, закуплены необходимые комплектующие).

Диспетчирование – это вторая составляющая оперативно-производственного планирования, в задачу которого входит осуществление непрерывного контроля за выполнением производственных заданий и координация работы связанных между собой участников производственного процесса [18].

В организации, занимающейся сервисным обслуживанием ВВТ в местах базирования, диспетчирование заключается в постоянном контроле, сборе, анализе информации о ходе выполнения производственных заданий, а в конечном итоге «Плана-графика основных работ предприятия». По результатам диспетчирования работ оформляются оперативные поручения по оперативному регулированию хода выполнения производственных заданий, основные проблемные вопросы выносятся для решения на производственные совещания.

Таким образом, процесс оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования строится на соблюдении сроков проведения работ, указанных в плане-графике, согласованным с заказчиком, а в случае несоблюдения данных сроков – в предоставлении заказчику оснований для их переноса. Многолетнее использование данной методики при управлении процессом сервисного обслуживания привело к накоплению определённых проблем в рассматриваемой области.

1.6 Анализ эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

По результатам анализа производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования можно определить следующие основные проблемы, препятствующие его ритмичному функционированию:

1. Отсутствие производственных запасов материалов и запасных частей для своевременного материально-технического обеспечения работ. Данный факт препятствует проведению ремонта изделия ВВТ в случае необходимости замены неисправной составной части и отсутствия её на складах эксплуатирующей организации. Отсутствие материалов при проведении технического обслуживания также приводит к приостановке работ [24].

2. Отсутствие механизмов, позволяющих на стадии согласования плана графика работ выявить изделия ВВТ, неремонтопригодные в местах базирования, а также спрогнозировать реальные сроки выполнения работ. Данные факты приводят к снижению уровня ритмичности из-за невыполнения работ на неремонтопригодных в местах базирования изделиях ВВТ. При этом предприятие терпит убытки. А отсутствие механизма прогнозирования сроков выполнения работ влечет за собой неэффективное производственное и финансовое планирование, а также угрозу срыва сроков выполнения ГОЗ.

Согласно Федеральному закону от 29.12.2012 №275-ФЗ (ред. от 18.02.2020) «О государственном оборонном заказе» и Федеральному закону от 18.07.2011 №223-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» работы по сервисному обслуживанию ВВТ входят в сферу государственного оборонного заказа. Закупки комплектующих и материалов в рамках ГОЗ осуществляются по отдельным счетам, имеющим в своем цифровом обозначении идентификатор государственного контракта [22,23]. При этом применяются различные конкурентные процедуры, позволяющие найти

поставщика предлагающего минимальную цену за товар. Унифицированные запасные части при этом закупаются у единственного поставщика (завода-изготовителя), который, как правило, устанавливает длительные сроки изготовления (до 1 года).

Таким образом, наиболее острой проблемой, стоящей перед предприятием – исполнителем контракта по сервисному обслуживанию ВВТ является длительный и трудоёмкий процесс закупки комплектующих и материалов для проведения ремонта и обслуживания изделий военной техники. При этом все запасные части и материалы, закупленные по определённому контракту, «привязаны» к конкретному идентификатору государственного контракта и должны быть израсходованы в рамках данного контракта [23].

С целью решения вопроса своевременного материально-технического обеспечения работ по сервисному обслуживанию необходимо создание производственного запаса, который позволит оперативно обеспечить бригаду специалистов на выезде необходимыми запасными частями и материалами. При этом Федеральный закон от 29.12.2012 №275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» позволяет возмещать в пределах цены государственного контракта расходы на формирование запасов продукции, сырья, материалов, понесенные исполнителем работ по ГОЗ из собственных средств при условии обоснованности фактических расходов, связанных с формированием такого запаса [22].

Для исключения возможности попадания в план-график работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования изделий, невозможных на месте их базирования (с аварийными повреждениями, некомплектных, требующих заводского ремонта), необходимо на этапе согласования план-графика работ с заказчиком заранее заменить данные изделия на другие. С этой целью необходимо внедрение инструмента мониторинга технического состояния ВВТ по всем эксплуатирующим организациям.

Основными показателями эффективности процесса оперативно-производственного планирования в единичном производстве является снижение

длительности производственного цикла работ и увеличение коэффициента ритмичности производства.

Проанализировав показатель ритмичности производственного процесса на предприятии-исполнителе работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования, выявлено невыполнение более 50% работ по план-графику ввиду несвоевременной поставки комплектующих и наличия изделий неремонтопригодных в местах базирования. При этом среднегодовой коэффициент ритмичности $K_{ритм} = 0,38$, а длительность производственного цикла выполнения работ многих изделий оказалась около 1 года (при требуемой - 30 дней). Данные факты говорят о неэффективном оперативном управлении производственным процессом, что приводит к снижению качественных показателей удовлетворённости таких как «качество продукции/выполненных работ», «соблюдение сроков поставки продукции/выполнения работ», «удовлетворённость сотрудничества с предприятием» и «реализация ожиданий потребителя», что приводит к росту комплексного показателя удовлетворённости потребителя.

В настоящее время на предприятиях – исполнителях гособоронзаказа полным ходом внедряется концепция бережливого производства. Одним из основных принципов бережливого производства является сокращение потерь, как основной способ снижения затрат. В случае с сервисным обслуживанием ВВТ, взяв за основу проведённый анализ проблем функционирования производственного процесса, можно сделать вывод, что отсутствие производственных запасов и длительный процесс закупки комплектующих приводит к образованию задержек между стадиями производственного процесса и лишним перемещений бригады специалистов из-за приостановки работ. А одним из принципов бережливого производства является концепция «Точно в срок», заключающаяся в организации движения материальных потоков таким образом, что все необходимые комплектующие и материалы для проведения работ подаются вовремя для обеспечения выпуска готовой продукции [25].

Одной из основных задач оперативно-производственного планирования является достижение минимальной длительности производственного цикла и

снижение объёмов незавершённого производства [14]. Также ОПП должно неразрывно быть связано с материально-техническим обеспечением и бюджетированием [19]. Работа всех участников производственного процесса должна быть спланирована таким образом, чтобы реализовать выпуск готовой продукции в назначенные сроки, т.е. должна быть реализована концепция бережливого производства «Точно в срок».

Проведя анализ методики ОПП, применяемой на предприятиях-исполнителях работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования выявлено отсутствие в ней инструментов, позволяющих обеспечить своевременное материально - техническое обеспечение работ, а также возможность исключения неремонтопригодных в местах базирования образцов ВВТ из план-графика сервисного обслуживания.

Вышеизложенные факты свидетельствуют о необходимости совершенствования существующей методики ОПП сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования посредством разработки алгоритмов, позволяющих снизить длительность производственного цикла выполняемых работ, повысить уровень ритмичности производства и, как результат, качество улучшить качество оказываемых услуг. Формализовано данная научная задача может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} Q = \max Q(K_{\text{ритм}}) \\ K_{\text{ритм}} = \arg \min(T_{\text{пр}}, M) \\ T_{\text{пр}} = F(S, Z) \end{cases} \quad (1.1)$$

, где Q - уровень качества проводимых работ, $K_{\text{ритм}}$ - уровень ритмичности производственного процесса, M - число изделий, неремонтопригодных в местах базирования, $T_{\text{пр}}$ - длительность производственного цикла выполнения работ, S - количество специалистов, выполняющих работу, Z - объём производственного запаса для своевременного материально-технического обеспечения работ.

Таким образом, совершенствование оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования в конечном итоге приводит к повышению качества проводимых работ.

1.7 Выводы по первой главе

В данной главе в результате анализа производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования определены основные проблемы, препятствующие его ритмичному и непрерывному функционированию. Проведен обзор существующих систем оперативно-производственного планирования, а также методик ОПП, применяемых в различных отраслях промышленности. Ввиду имеющихся специфических особенностей производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования обнаружена необходимость индивидуального подхода к его оперативному управлению, то есть применения отдельной методики ОПП.

По результатам анализа методики ОПП, применяемой на предприятиях - исполнителях работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования, выявлена её неспособность обеспечить ритмичное и непрерывное функционирование производственного процесса, что свидетельствует о необходимости её совершенствования.

2. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ

2.1 Математическая модель производственного процесса сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Для более детального анализа производственного процесса, выявления основных проблем его функционирования, а также получения динамической информации о его поведении при воздействии различных факторов создадим его модель. Математическая модель позволяет описывать производственные процессы с использованием математического аппарата с целью их дальнейшего анализа и эффективного применения инструментов управления [74].

В нашем случае наиболее подходящим методом создания модели является дискретно-событийное моделирование на основе сетей Петри, которые используются для моделирования динамических дискретных систем, и построение которой помогает не только наглядно смоделировать процесс, но и продемонстрировать все проблемные и конфликтные ситуации [71,72].

Сеть Петри S состоит из четырех основных элементов $S=(P,T,I,O)$, где P – конечное множество позиций сети $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n \geq 0$, T – конечное множество переходов сети $T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $m \geq 0$, I – входная функция - отображение из переходов в комплекты позиций, O – выходная функция – отображение из переходов в комплекты позиций. Позиция p_i является входной позицией перехода t_j , если $p_i \in I(t_j)$ или выходной позицией, если $p_i \in O(t_j)$ [26].

Маркирование сети Петри осуществляется при помощи присвоения фишек её позициям. При помощи маркировки μ , представляющей собой вектор, определяющий количество фишек для каждой позиции, возможно описать

состояние сети в текущий момент. Маркированная сеть Петри может быть представлена как $M=(P,T,I,O, \mu)$ [26].

Наименьшее множество достижимых маркировок сети определяет её множество достижимости $R(C, \mu)$. Для выполнения сети Петри необходимо задать две последовательности: последовательность маркировок $\mu = (\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_k)$ и последовательность переходов $\sigma=(t_1, t_2, \dots, t_l)$ [67].

Наиболее наглядным способом построения сети Петри является её получение путём преобразования из блок-схемы алгоритма исследуемого процесса, которая во многом похожа на сеть Петри. В ней существует в основном узлы двух типов, соединённые дугами: действие (вычисление), которое обозначается прямоугольником и принятие решения (условие), которое обозначается ромбом. При переводе из блок-схемы алгоритма в сеть Петри узлы заменяются переходами, а дуги – позициями сети. Фишка, установленная в конкретной позиции, означает готовность выполнять определённую команду. Каждая позиция имеет один выходной переход, за исключением блока принятия решения, который преобразуется в позицию с двумя выходными переходами, обозначающими истинное и ложное значение предиката. Выполнение данного условия вносит в сеть Петри конфликтную ситуацию, выраженную в необходимости управления запуском определенного перехода [27].

На основе обобщения и синтеза данных, представленных в первой главе данной диссертации, можно построить блок-схему алгоритма выполнения производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования (Рисунок 2.1).

Построенная блок - схема алгоритма выполнения производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования также является моделью, позволяющей визуализировать и конкретизировать все основные стадии и действия, происходящие при проведении работ. Однако, для более точного представления процесса дискретной природы, его исследования и постановки задачи оптимизации необходимо построить математическую модель исследуемого процесса. С этой целью построим сеть Петри, основываясь на

созданной ранее блок-схеме алгоритма (Рисунок 2.2), придавая каждой позиции и переходу свою смысловую нагрузку (Таблица 2.1) [59,64].

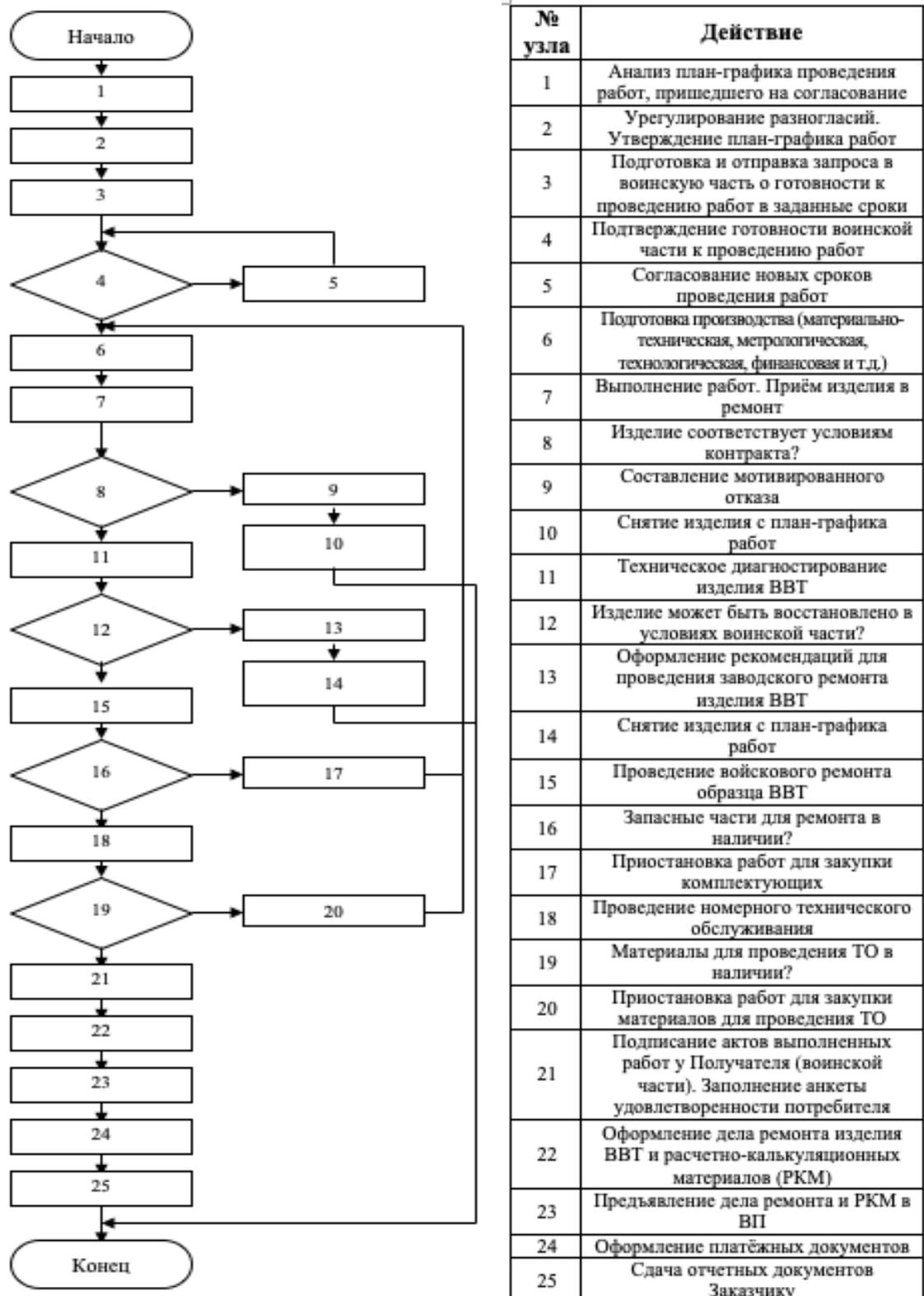


Рисунок 2.1 – Алгоритм функционирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

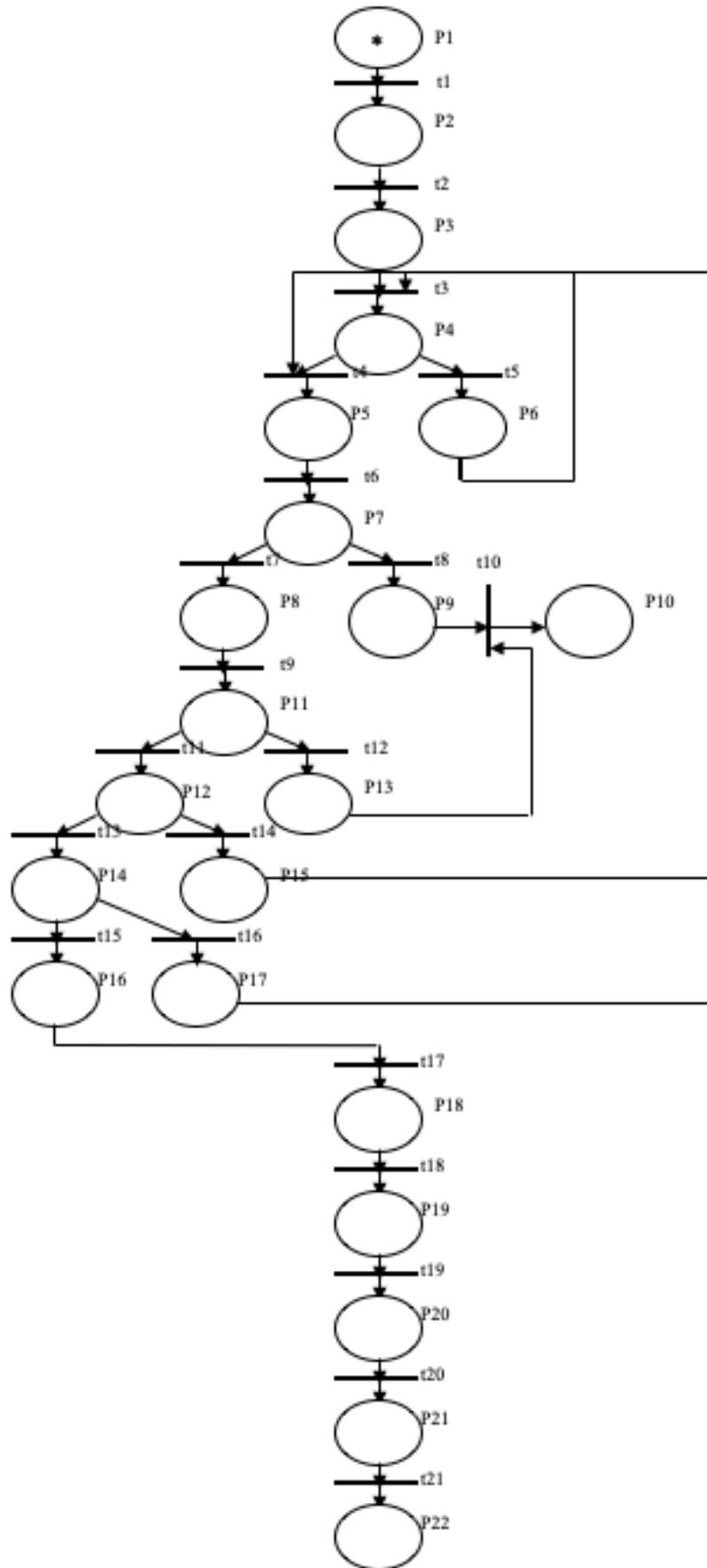


Рисунок 2.2 – Сеть Петри исследуемого производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

Таблица 2.1 - События и переходы сети Петри

№ п/п	Индекс позиции/перехода	Позиция/переход	Предшествующая позиция/переход	Последующая позиция/переход
1	P1	План-график работ, поступивший на согласование	-	t1
2	t1	Анализ план-графика, поступившего на согласование	P1	P2
3	P2	Протокол разногласий	t1	t2
4	t2	Урегулирование разногласий, утверждение план-графика работ	P2	P3
5	P3	Утверждённый план-график работ	t2	t3
6	t3	Отправка запроса о готовности воинской части к проведению работ в заданные сроки	P3, P6	P4
7	P4	Ответ воинской части о готовности к проведению работ	t3	t4, t5
8	t4	Осуществление подготовки производства (материально-технической, метрологической, финансовой, организационной и т.д.)	P4, P15, P17	P5
9	t5	Согласование новых сроков проведения работ с воинской частью в случае её неготовности к проведению работ и отправка запроса на корректировку план-графика Заказчику	P4	P6
10	P5	Документы, необходимые для отправки выездной бригады (командировочные удостоверения, техническое задание и т.д.)	t4	t6
11	P6	Новые сроки проведения работ, согласованные с Заказчиком	t5	t3
12	t6	Осуществление приёма изделия ВВТ для проведения сервисного обслуживания в воинской части	P5	P7
13	P7	Ведомость приёма в ремонт	t6	t7, t8
14	t7	Оформление акта приёма-передачи изделия ВВТ на сервисное обслуживание	P7	P8
15	t8	Оформление мотивированного отказа в приёме изделия в ремонт, в случае если оно не соответствует требованиям контракта	P7	P9
16	P8	Акт приёма-передачи изделия ВВТ на сервисное обслуживание	t7	t9
17	P9	Мотивированный отказ в приёме изделия на сервисное обслуживание	t8	t10
18	t9	Проведение технического диагностирования изделия ВВТ	P8	P11
19	t10	Оформление запроса о снятии изделия ВВТ с план-графика проведения работ	P9, P13	P10
20	P10	Подтверждение снятия изделия ВВТ с план-графика выполнения работ	t10	-
21	P11	Дефектационная ведомость на диагностируемое изделие ВВТ	t9	t11, t12
22	t11	Проведение войскового ремонта (в случае возможности его проведения)	P11	P12
23	t12	Оформление рекомендаций на проведение ремонта изделия ВВТ в заводских условиях (в случае невозможности проведения войскового ремонта)	P11	P13
24	P12	Перечень неисправностей на изделие ВВТ	t11	t13
25	P13	Оформленные рекомендации на проведение заводского ремонта изделия ВВТ	t12	t10
26	t13	Оформление акта о восстановлении изделия ВВТ	P12	P14
27	t14	Оформление акта о приостановке работ ввиду необходимости закупки комплектующих для ремонта или ремонта составных частей изделия ВВТ в заводских условиях	P12	P15
28	P14	Утверждённый командиром воинской части акт о восстановлении изделия ВВТ	t13	t15, t16
29	P15	Акт о приостановке работ, ввиду необходимости закупки комплектующих для ремонта или ремонта составных частей изделия ВВТ в заводских условиях	t14	t4
30	t15	Проведение номерного технического обслуживания на исправном изделии ВВТ	P14	P16
31	t16	Оформление акта о приостановке работ ввиду необходимости закупки материалов для технического обслуживания	P14	P17
32	P16	Утверждённый командиром воинской части акт о проведении сервисного обслуживания изделия ВВТ	t15	t17

33	P17	Акт о приостановке работ, ввиду необходимости закупки материалов для технического обслуживания	t16	t4
34	t17	Утверждение акта сдачи-приёмки выполненных работ, заполнение анкеты удовлетворенности потребителя	P16	P18
35	P18	Утвержденные командиром воинской части акт сдачи-приёмки выполненных работ и анкета удовлетворенности потребителя	t17	t18
36	t18	Оформление дела ремонта изделия ВВТ и расчетно-калькуляционных материалов (РКМ)	P18	P19
37	P19	Оформленное согласно требований контракта дело ремонта и РКМ	t18	t19
38	t19	Предъявление дела ремонта и РКМ в ВП	P19	P20
39	P20	Утвержденное ВП МО РФ удостоверение и заключение на выполненные работы	t19	t20
40	t20	Оформление платёжных документов на выполненные работы	P20	P21
41	P21	Оформленные платёжные документы на выполненные работы	t20	t21
42	t21	Сдача документов Заказчику на оплату	P21	P22
43	P22	Принятые Заказчиком документы на выполненные работы	t21	-

Помимо графического представления, позволяющего наглядно исследовать моделируемый процесс, сеть Петри может быть записана математически следующим образом:

$$M=(P, T, I, O, \mu).$$

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_{22}\}, T = \{t_1, t_2, \dots, t_{21}\}$$

$$I(t_1) = \{p_1\}; I(t_2) = \{p_2\}; I(t_3) = \{p_3, p_6\}; I(t_4) = \{p_4, p_{15}, p_{17}\}; I(t_5) = \{p_4\}; I(t_6) = \{p_5\};$$

$$I(t_7) = \{p_7\}; I(t_8) = \{p_7\}; I(t_9) = \{p_8\}; I(t_{10}) = \{p_9, p_{13}\}; I(t_{11}) = \{p_{11}\}; I(t_{12}) = \{p_{11}\};$$

$$I(t_{13}) = \{p_{12}\}; I(t_{14}) = \{p_{12}\}; I(t_{15}) = \{p_{14}\}; I(t_{16}) = \{p_{14}\}; I(t_{17}) = \{p_{16}\}; I(t_{18}) = \{p_{18}\};$$

$$I(t_{19}) = \{p_{19}\}; I(t_{20}) = \{p_{20}\}; I(t_{21}) = \{p_{21}\}.$$

$$O(t_1) = \{p_2\}; O(t_2) = \{p_3\}; O(t_3) = \{p_4\}; O(t_4) = \{p_5\}; O(t_5) = \{p_6\}; O(t_6) = \{p_7\};$$

$$O(t_7) = \{p_8\}; O(t_8) = \{p_9\}; O(t_9) = \{p_{10}\}; O(t_{10}) = \{p_{11}\}; O(t_{11}) = \{p_{12}\}; O(t_{12}) = \{p_{13}\};$$

$$O(t_{13}) = \{p_{14}\}; O(t_{14}) = \{p_{15}\}; O(t_{15}) = \{p_{16}\}; O(t_{16}) = \{p_{17}\}; O(t_{17}) = \{p_{18}\}; O(t_{18}) = \{p_{19}\};$$

$$O(t_{19}) = \{p_{20}\}; O(t_{20}) = \{p_{21}\}; O(t_{21}) = \{p_{22}\}.$$

$\mu_0 = (1, 0, 0, \dots, 0)$ – начальная маркировка сети Петри, представляющая собой вектор размерностью $n=22$, соответствующая количеству позиций сети.

Представление исследуемого производственного процесса в виде сети Петри позволяет наглядно отобразить все его стадии, обнаружить проблемы функционирования и принять решение по способам их разрешения. Из построенной сети можно увидеть, что в результате наступления определенных

событий, выраженных в выполнении некоторых переходов, выполняется возврат на ранее пройденные позиции сети или же сеть заходит в тупик. Такое положение дел приводит к увеличению длительности производственного цикла выполнения работ и снижению уровня ритмичности производственного процесса. В конечном итоге это приводит к снижению качества проводимых работ, выражаемым в комплексном показателе удовлетворенности потребителя U_k , а также к возникновению угрозы срыва сроков выполнения контракта. Разберем эти события подробнее:

1) Первое событие, приводящее к возврату на ранее пройденные позиции в сети Петри, возникает в результате срабатывания перехода $t5$, что происходит в результате получения письма из воинской части о неготовности принять бригаду специалистов к проведению работ. В этом случае осуществляется согласование новых сроков проведения работ с эксплуатирующей организацией и Заказчиком и производится возврат на переход $t3$ сети.

2) Второе событие возникает в результате срабатывания перехода $t8$, означающего, что принимаемое на сервисное обслуживание изделие ВВТ не соответствует требованиям контракта (является некомплектным, имеет повреждения аварийного характера и т.д.). В этом случае составляется мотивированный отказ в приёме изделия на сервисное обслуживание и его снимают с план-графика выполнения работ. При этом сеть Петри заходит в тупик.

3) Третье событие в сети возникает при срабатывании перехода $t12$. Данная ситуация возникает по результатам технического диагностирования изделия ВВТ в случае, если требуется проведение его ремонта в заводских условиях. В сложившейся ситуации сеть делает возврат на переход $t10$ и заходит в тупик.

4) Четвертое и пятое события возникают при срабатывании переходов $t14$ и $t16$ в результате отсутствия на местах проведения работ запасных частей для проведения войскового ремонта изделия ($t14$) или материалов для проведения номерного технического обслуживания ($t16$). В этом случае сеть делает возврат на переход $t4$ и осуществляется материально-техническая подготовка производства в

части закупки необходимых запасных частей и материалов или ремонта составных частей на предприятиях - соисполнителях.

Как уже говорилось ранее, сервисное обслуживание ВВТ в местах базирования относится к единичному типу производства, основным календарно-плановым нормативом которого является длительность производственного цикла выполнения работ [62]. При этом минимальная длительность данного показателя достигается за счет эффективного оперативно-производственного планирования. Иными словами, динамика длительности производственного цикла является одним из показателей эффективности процесса ОПП.

На основе построенной сети Петри сформулируем и решим задачу обеспечения минимальной длительности производственного цикла выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования. Данная задача относится к классу оптимизационных.

В общем случае задача поиска оптимального решения заключается в нахождении целевой функции и её минимизации (максимизации) с учетом функциональных и количественных ограничений. Таким образом, для постановки задачи необходимо два основных элемента:

1) целевая функция $Q(x)$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор параметров, определяющих её значение;

2) множество допустимых решений X , определяемое условиями и ограничениями задачи. При этом вектор параметров, определяющих решение задачи оптимизации $x \in X$.

Учитывая вышеизложенное, можно описать формальную постановку задачи оптимизации следующим образом:

$$Q(x) = \min_{x \in X} Q(x) \text{ или } Q(x) = \max_{x \in X} Q(x) \quad (2.1)$$

В качестве целевой функции для нашей задачи мы выберем длительность производственного цикла (T_{np}). А под задачей оптимизации будем понимать задачу минимизации T_{np} , т.е. $T_{np}(x) = \min T_{np}(x)$, где $x \in X$ [28].

Теперь определим в нашей задаче множество решений X . Данное множество должно задаваться при помощи параметров сети Петри исследуемого производственного процесса. Как говорилось ранее, существует несколько переходов, запуск которых способствует возврату сети на ранее пройденные позиции (образованию циклов) или же приводит сеть в тупик, что в свою очередь не позволяет произвести быстрое выполнение сети Петри. Таким образом, можно нашу задачу оптимизации формально выразить следующим образом: $T_{np}=k \rightarrow \min$, где k – количество тактов моделирования от начального до конечного состояния сети Петри. Параметр k можно определить, задав последовательность переходов сети Петри $\sigma \in T^*$, где T^* - множество всех подмножеств переходов. Изложенное выше можно описать следующим образом:

$$\forall M=(P,T,I,O,\mu) \exists \sigma \in T^*: k \rightarrow \min \quad (2.2)$$

В общем случае задача оптимизации для сети Петри будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} T_{np}(\sigma) = \min T_{np}(\sigma), \sigma \in T^* \\ \sigma = (t_1, \dots, t_j), j \in B \end{cases} \quad (2.3)$$

,где B – вектор параметров ограничений задаваемых в данной задаче.

Последовательность переходов $\sigma \in T^*$, обеспечивающей минимальную длительность производственного цикла, можно определить решив задачу достижимости с применением метода полного перебора маркировок сети. Для этих целей строится дерево достижимости сети Петри, которое представляет собой множество достижимости $R(C,\mu)$. В данном дереве вершинами будут являться маркировки μ , а дугами будут являться переходы t . При этом рассматриваются все возможные переходы и маркировки сети. Кратчайший путь от начальной маркировки до конечной (минимальное количество дуг дерева достижимости) и будет соответствовать минимальному производственному циклу [73].

Для успешного выполнения сети Петри нашего исследуемого процесса необходимо задать следующую последовательность переходов:

$$\sigma = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_6, t_7, t_9, t_{11}, t_{13}, t_{15}, t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}, t_{21}) \quad (2.4)$$

При выполнении сети в заданной последовательности мы получаем минимальную длительность производственного цикла проведения работ, т.е. выполняется условие $T_{np}(\sigma) = \min T_{np}(\sigma)$. В общем виде решение задачи оптимизации целевой функции для описанной выше сети Петри производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} T_{np}(\sigma) = \min T_{np}(\sigma), \sigma \in T^* \\ \sigma = (t_1, \dots, t_j), j \in B \\ B = (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21) \end{cases} \quad (2.5)$$

В разработанной модели производственного процесса были смоделированы основные проблемные ситуации, возникающие при функционировании производственного процесса, для решения которых необходимо принимать управленческие решения. Основным инструментом, позволяющим сократить длительность производственного цикла выполнения работ – это оперативно-производственное планирование. Вероятность возникновения первой, второй и третьей ситуаций, описанных выше и приводящих сеть на пройденные позиции либо в тупик, можно минимизировать, внедрив в существующую методику оперативно-производственного планирования инструмент мониторинга, который позволит заранее спрогнозировать возможность проведения сервисного обслуживания изделия ВВТ на месте его дислокации. Вероятность возникновения четвертой и пятой конфликтных ситуаций можно в свою очередь минимизировать внедрением инструмента формирования производственного запаса в производственном подразделении.

2.2 Архитектурная модель методики оперативно – производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Проведя анализ производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования в первой главе данной научно-квалификационной

работы, были выявлены основные проблемные вопросы, препятствующие его ритмичному функционированию. Построив его математическую модель и решив задачу оптимизации, определено выполнение всех его стадий с минимальной длительностью производственного цикла выполнения работ, что является результатом эффективного оперативно-производственного планирования процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

На основании уже имеющейся методики ОПП, применяемой в сервисных организациях по обслуживанию ВВТ, а также с учётом предлагаемых улучшений, заключающихся во внедрении дополнительных инструментов в методику, построим её архитектурную модель с использованием методологии модельно-ориентированного системного инжиниринга (MBSE). Данная модель удобно и наглядно описывает устойчивые, относительно стабильные на используемых горизонтах рассмотрения структуры систем [69].

Системная инженерия сосредоточена на достижении эффективного результата на всех этапах создания новых высокотехнологичных продуктов. Иными словами, это междисциплинарный подход, позволяющий поэтапно создавать эффективные системы [29].

Основным объектом в системной инженерии является система. Согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 система – это комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей. Система может рассматриваться как продукт или как совокупность услуг, которые она обеспечивает. Также в этом же стандарте дано определение элемента системы, как представителя совокупности элементов, образующих систему, который является отдельной частью системы, которая может быть создана для выполнения заданных требований [30].

В методологии системного инжиниринга используется понятие системы систем SoS, представляющей собой взаимодействующий между собой и обладающий свойством эмерджентности набор систем и связи между ними [70]. Под свойством эмерджентности понимается то, что система из систем больше

суммы составляющих систем. Наиболее часто рассматриваются SoS с двумя ключевыми сферами:

- обобщённые системы деятельности (предприятия) и их жизненные циклы;
- обобщённые продукты как предметы деятельности предприятий и их жизненные циклы [30].

Архитектурный тип модели систем – это тип информационной модели, которая задается сущностями, связями системы и отношениями между ними [31]. Любое моделирование начинается с определения системы и её взаимодействия с внешней средой.

В рамках нашего исследования целесообразно задать в качестве системы систем (системы 2.0) производственную систему сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, разделив её на подсистемы управления, производственной инфраструктуры и элементов производства. Далее, рассматривая подсистемы перечисленных выше подсистем, мы определяем систему оперативно-производственного планирования, в рамках которой определен предмет нашего исследования и разрабатывается продукт – методика оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

Описание производственной системы, как системы систем 2.0 представлено на Рисунке 2.3.

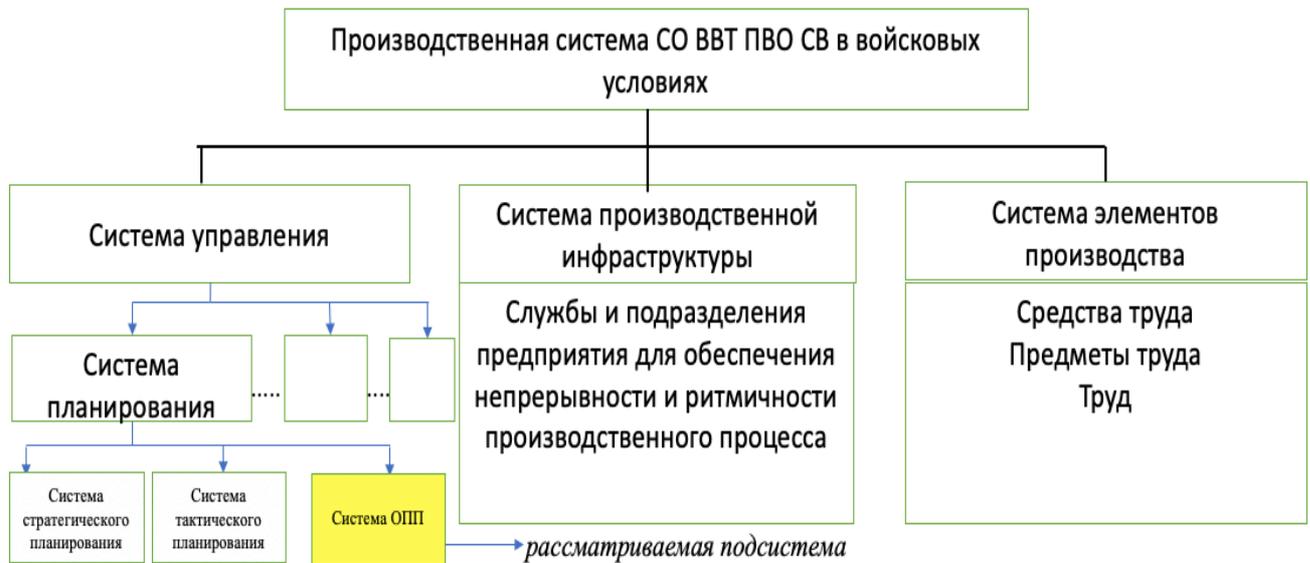


Рисунок 2.3 – Представление производственной системы в виде системы систем

В исследовании системы важнейшую роль играет учет взаимодействия её элементов с внешней средой, которая задает условия существования системы. Выделение внешней среды требует установления границ системы и выделения значимых объектов, находящихся во взаимодействии с элементами системы [31]. На Рисунке 1.2 были показаны основные элементы внешней среды, которые оказывают огромное влияние на функционирование производственной системы. Эти элементы являются её входами и выходами и взаимодействие с ними осуществляется посредством обратных связей.

В рамках системы оперативно-производственного планирования функционирует продукт нашего исследования, методика оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования. Это рукотворный объект, который может рассматриваться как искусственно созданная система, обладающая некоей ценностью, которой в свою очередь не обладают объекты материального мира, возникших и существующих без какого-либо замысла. Внедрение нашей методики в систему управления производственной деятельностью приведет к сокращению длительности производственного цикла работ, а, следовательно, к снижению уровня затрат. Это и будет являться ценностью нашего продукта.

Определив продукт нашего исследования, можно перейти к созданию архитектурной модели его жизненного цикла. Согласно ГОСТ Р ИСО 15704-008 жизненный цикл системы – это конечный набор общих фаз и этапов, через которые система может проходить в течение своей истории жизни. При этом история жизни системы – это фактическая последовательность этапов, через которые прошла система в течение своей жизни [32].

ЖЦП представляется в виде фаз, количество и наименование которых различно в разных стандартах и отраслевых представлениях. Для простоты и унификации используется укрупнённое представление ЖЦП из четырёх фаз: 1 – Разработка, 2 – Создание, 3 – Применение, 4 – Завершение цикла (модернизация или утилизация). Построим модель фаз и составляющих их процессов жизненного цикла нашего продукта исследования с использованием метода декомпозиции (Рисунок 2.4) [33].



Рисунок 2.4 Модель фаз и составляющих их процессов ЖЦП [33]

Таким образом, при построении модели жизненного цикла продукта мы воспользовались одним из приёмов прикладного системного инжиниринга – декомпозицией. Суть приёма заключается в последовательной детализации представления объекта до исполнимой спецификации элементов. При этом спецификация элементов называется исполнимой, если в отношении всех элементов имеется уверенность в возможности их закупки или создания [31]. Проведя декомпозицию установленных фаз жизненного цикла на один уровень

вниз, мы получили модель иерархической декомпозиции (таксономии) фаз и составляющих их процессов жизненного цикла продукта исследования.

Архитектурное моделирование системы предполагает создание целостного представления рассматриваемого продукта через выделение системы продукта и её внешней среды посредством:

- задания существенных сущностей и атрибутов системы и её внешней среды;
- задания иерархии системы;
- иерархической декомпозиции, детализации существенных сущностей и атрибутов;
- идентификации и задания существенных связей сущностей и атрибутов (на разных уровнях иерархии системы);
- задания принципов построения и функционирования системы.

В данном исследовании будем использовать регулярный метод последовательного расширения архитектурной модели, который предполагает следующие итерационно выполняемые действия:

- сбор исходных данных;
- формирование миссии и качественного облика необходимого решения, обоснование возможности и необходимости решения;
- выявление системы, в которой функционирует продукт, укрупненное моделирование системы систем 2.0 и её внешней среды;
- расширение представления о продукте, выявление его атрибутов, для чего необходимо провести ряд мероприятий:
 - задание принимаемых к рассмотрению сущностных характеристик продукта;
 - задание терминов для определения продукта и его сущностных характеристик (онтологический инжиниринг);
 - разработка моделей иерархических таксономий, иерархических детализаций сущностных характеристик;

- построение моделей связанностей компонент сущностей (Design structure model (DSM));

- сборка локальных описаний в архитектурные метамодели в форме прикладных композиций несколько моделей [34].

Метод предполагает формирование, на основе исходных данных, по возможности простой стартовой архитектурной модели. Далее проводится пошаговое итерационное добавление к полученной модели новых сущностных характеристик с формированием для них унифицированных архитектурных моделей и т.д. [31].

Таким образом, построив модель жизненного цикла продукта исследования, можно создать модель иерархической таксономии всего цикла работ по его созданию. Обозначив основные этапы работ по созданию методики оперативно-производственного планирования и декомпозировав каждый из них на один уровень вниз, получим модель иерархической таксономии работ по созданию продукта (Рисунок 2.5).

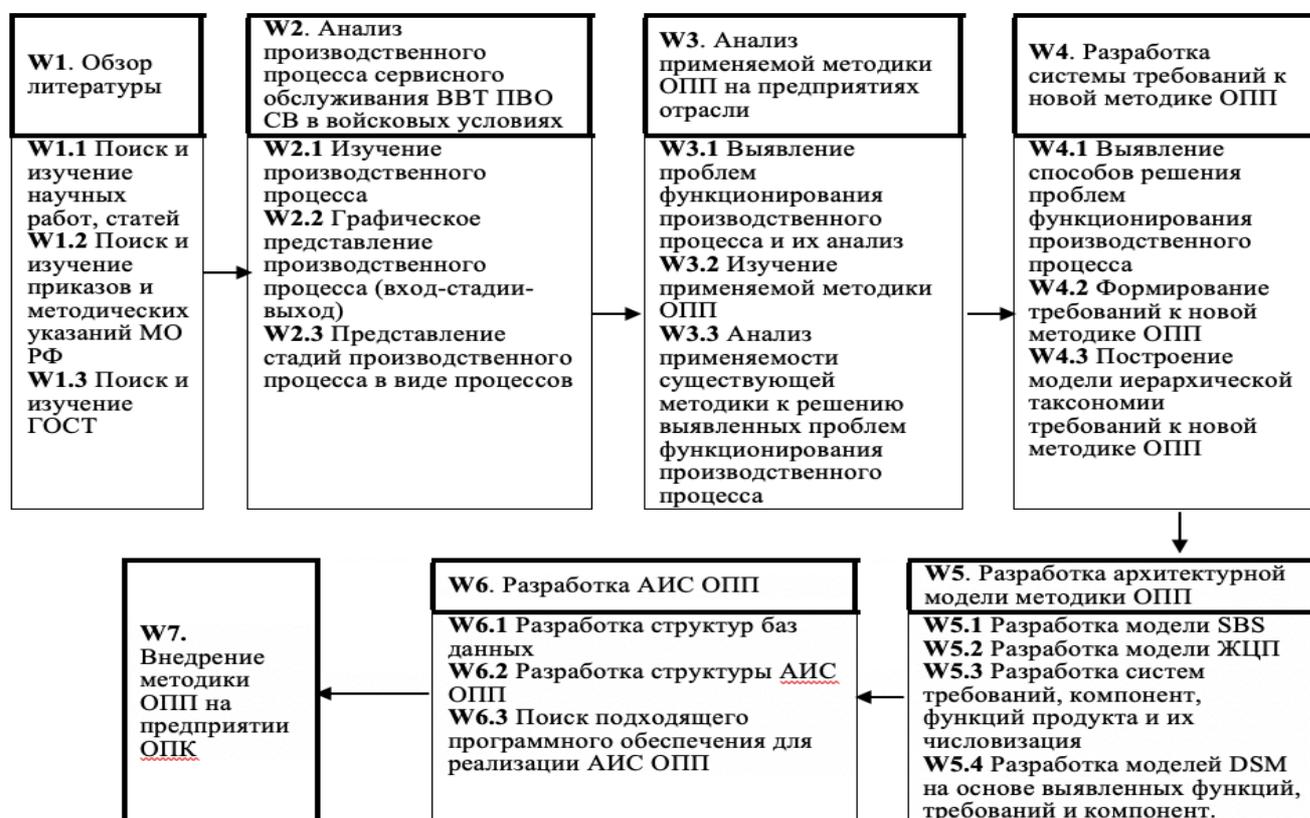


Рисунок 2.5 – Модель иерархической таксономии работ по созданию продукта исследования [32]

Итак, применяя регулярный метод последовательного расширения архитектурной модели, мы рассмотрели систему систем 2.0, в которой функционирует наш продукт, и внешнюю среду, оказывающую непосредственное влияние на неё. Также была построена модель жизненного цикла продукта и на её основе разработана последовательность работ по созданию нашего продукта исследования.

Следующим этапом построения архитектурной модели разрабатываемой методики оперативно-производственного планирования является выявление основных сущностных характеристик продукта и построение их моделей иерархических таксономий. В качестве основных сущностей будут рассмотрены функции F , требования R и компоненты K .

Основным требованием, предъявляемым к новой методике оперативно-производственного планирования, является повышение уровня ритмичности производственного процесса и сокращение длительности производственного цикла проведения работ T_{np} , следствием чего является сокращение уровня затрат на проводимые работы. Применяя пошаговую итерационную декомпозицию исходного требования, мы получаем модель иерархической таксономии системы требований к продукту (Рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Модель иерархической таксономии требований к продукту [33]

Основной функцией F продукта исследования является осуществление оперативного управления ходом производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования. Итерационно декомпозируя исходную функцию на несколько уровней вниз, мы получаем модель иерархической таксономии функций продукта (Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Модель иерархической таксономии функций продукта [33]

Последней рассматриваемой существенной характеристикой продукта исследования является система его компонент К. Под компонентами понимаются непосредственные составляющие части методики. В нашем случае туда входят составляющие методики ОПП, применяемой на предприятиях-исполнителях работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования, а также новые инструменты, позволяющие решать основные проблемы функционирования производственного процесса. Проведя пошаговую декомпозицию процессов межцехового и внутрицехового планирования, являющихся составляющими оперативно-производственного планирования, мы получим модель иерархической таксономии компонент продукта (Рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Модель иерархической таксономии компонент продукта [33]

Следующим шагом в построении архитектурной модели методики оперативно-производственного планирования является построение моделей связанностей компонент сущностей DSM (Design structure model). Данная модель представляется в виде таблицы, строками и столбцами которой являются связываемые сущности, а на пересечении строк i и столбцов j располагаются элементы, характеризующие заданный вид отношений компонент i и j [31]. Обозначим отношения связанностей для построения моделей DSM нашего продукта (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Виды отношений связанностей компонент сущностей

№ п/п	Обозначение связанности	Содержание
1	V	Обеспечение
2	F	Следование за...
3	P	Предшествование
4	TP	Участие
5	X	Нет связи

На основании проведенного онтологического инжиниринга и построенных моделей иерархических таксономий можно построить модели DSM(FBS,RBS), DSM(FBS,KBS) и DSM(KBS,KBS), которые дополняют архитектурную модель нашего продукта, показывают связь между выявленными компонентами сущностей нашего продукта (Таблица 2.3, Таблица 2.4, Таблица 2.5).

Таблица 2.3 Модель связанности функций с требованиями DSM(FBS,RBS)

Модель DSM (FBS,RBS)			Функции (F)						
			F1.1.1	F1.1.2	F1.2.1.1	F1.2.1.2	F1.2.1.3	F1.2.1.4	F1.2.2
			Оперативно-календарное планирование (формирование календарного плана)	Диспетчирование (контроль и оперативное регулирование процесса выполнения календарного плана)	Формирование производственного запаса	Мониторинг технического состояния ВВТ в местах базирования	Прогнозирование сроков выполнения работ	Анализ обеспеченности трудовыми ресурсами	Диспетчирование (контроль и оперативное регулирование хода производственного процесса)
Требования (R)	R1.1.1	Обеспечение построения календарного плана	V	X	V	V	V	V	X
	R1.1.2	Обеспечение процесса диспетчирования выполнения календарного плана	X	V	X	X	X	X	TP
	R1.2.1	Обеспечение процесса формирования производственного запаса	F	X	V	X	X	X	TP
	R1.2.2	Обеспечение процесса мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования	F	X	TP	V	F	X	X
	R1.2.3	Обеспечение процесса прогнозирования сроков выполнения работ	F	X	X	P	V	TP	X

Таблица 2.4 - Модель связанности функций с компонентами DSM(FBS,KBS)

Модель DSM (FBS,KBS)			Функции (F)						
			F1.1.1	F1.1.2	F1.2.1.1	F1.2.1.2	F1.2.2.1	F1.2.2.2	F1.2.3
			Оперативно-календарное планирование (формирование календарного плана)	Диспетчирование (контроль и оперативное регулирование процесса выполнения календарного плана)	Формирование производственного запаса	Мониторинг технического состояния ВВТ в местах базирования	Прогнозирование сроков выполнения работ	Анализ обеспеченности трудовыми ресурсами	Диспетчирование (контроль и оперативное регулирование хода производственного процесса)
Компоненты (K)	K1.1.1	Алгоритм формирования календарного плана	F	X	TP	TP	TP	TP	X
	K1.1.2	Алгоритм диспетчирования выполнения календарного плана	X	F	X	X	X	X	TP
	K1.2	Модель базы данных методики ОПП	F	X	TP	TP	TP	TP	X
	K1.3.1	Алгоритм формирования производственного запаса	F	X	F	X	X	X	TP
	K1.3.2	Алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования	F	X	X	F	F	X	X
	K1.3.3	Инструмент прогнозирования сроков выполнения работ	F	F	X	P	F	P	F
	K1.3.4	Инструмент планирования загрузки трудовых ресурсов	F	X	X	X	F	F	X
	K1.3.5	Алгоритм диспетчирования хода производственного процесса	TP	X	TP	X	P	X	F

Таблица 2.5 - Модель связанности компонент DSM(KBS,KBS)

Модель DSM (KBS,KBS)		Компоненты (К)								
		K1.1.1.	K1.1.2	K1.2	K1.3.1	K1.3.2	K1.3.3	K1.3.4	K1.3.5	
		Алгоритм формирования календарного плана	Алгоритм диспетчирования выполнения календарного плана	Модель базы данных методики ОПП	Алгоритм формирования производственного запаса	Алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования	Инструмент прогнозирования сроков выполнения работ	Инструмент планирования загрузки трудовых ресурсов	Алгоритм диспетчирования хода производственного процесса	
Компоненты (К)	K1.1	Алгоритм формирования календарного плана	-	F	TP	P	P	P	P	X
	K1.1.2	Алгоритм диспетчирования выполнения календарного плана	P	-	X	X	X	X	X	X
	K1.2	Модель базы данных методики ОПП	F	X	-	TP	TP	TP	TP	X
	K1.3.1	Алгоритм формирования производственного запаса	F	X	TP	-	X	X	X	F
	K1.3.2	Алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования	F	X	TP	X	-	F	X	X
	K1.3.3	Инструмент прогнозирования сроков выполнения работ	F	F	TP	X	P	-	P	X
	K1.3.4	Инструмент планирования загрузки трудовых ресурсов	F	X	TP	X	X	F	-	X
	K1.3.5	Алгоритм диспетчирования хода производственного процесса	X	X	X	P	X	P	X	-

Таким образом, применив метод прикладного системного инжиниринга была создана архитектурная модель методики оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования. В неё вошли алгоритмы и инструменты уже применяемые на предприятиях машиностроения, а также инструменты, разработанные в рамках данной диссертационной работы. В данном случае речь идет об алгоритмах мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования и алгоритме формирования производственного запаса, которые согласно полученной модели должны функционировать на внутрицеховом уровне оперативно-производственного планирования.

2.3. Организация оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

2.3.1 Организация процесса оперативно-календарного планирования

Проведя детальный анализ всех стадий производственного процесса и выявив наиболее существенные проблемы в его функционировании, была построена архитектурная модель методики оперативно-производственного планирования, являющаяся отправной точкой к построению детализированного алгоритма действий в рамках данной методики. В рамках построенной модели были определены основные компоненты методики ОПП, которые включают в себя как ранее использовавшиеся инструменты, так и вновь разработанные.

Оперативно-производственное планирование подразделяется на оперативно-календарное планирование, заключающееся в формировании календарного плана, и диспетчирование (оперативное регулирование) производственного процесса. А также по сфере применения на межцеховое и внутрицеховое планирование. При этом межцеховое планирование на предприятии осуществляет планово-диспетчерский отдел (ПДО), а внутрицеховое планирование - планово-диспетчерское бюро (ПДБ) производственного подразделения.

Взяв за основу построенную нами архитектурную модель сформируем описание методики оперативно-календарного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования с учетом разделения на внутрицеховой и межцеховой уровни (Рисунок 2.9).

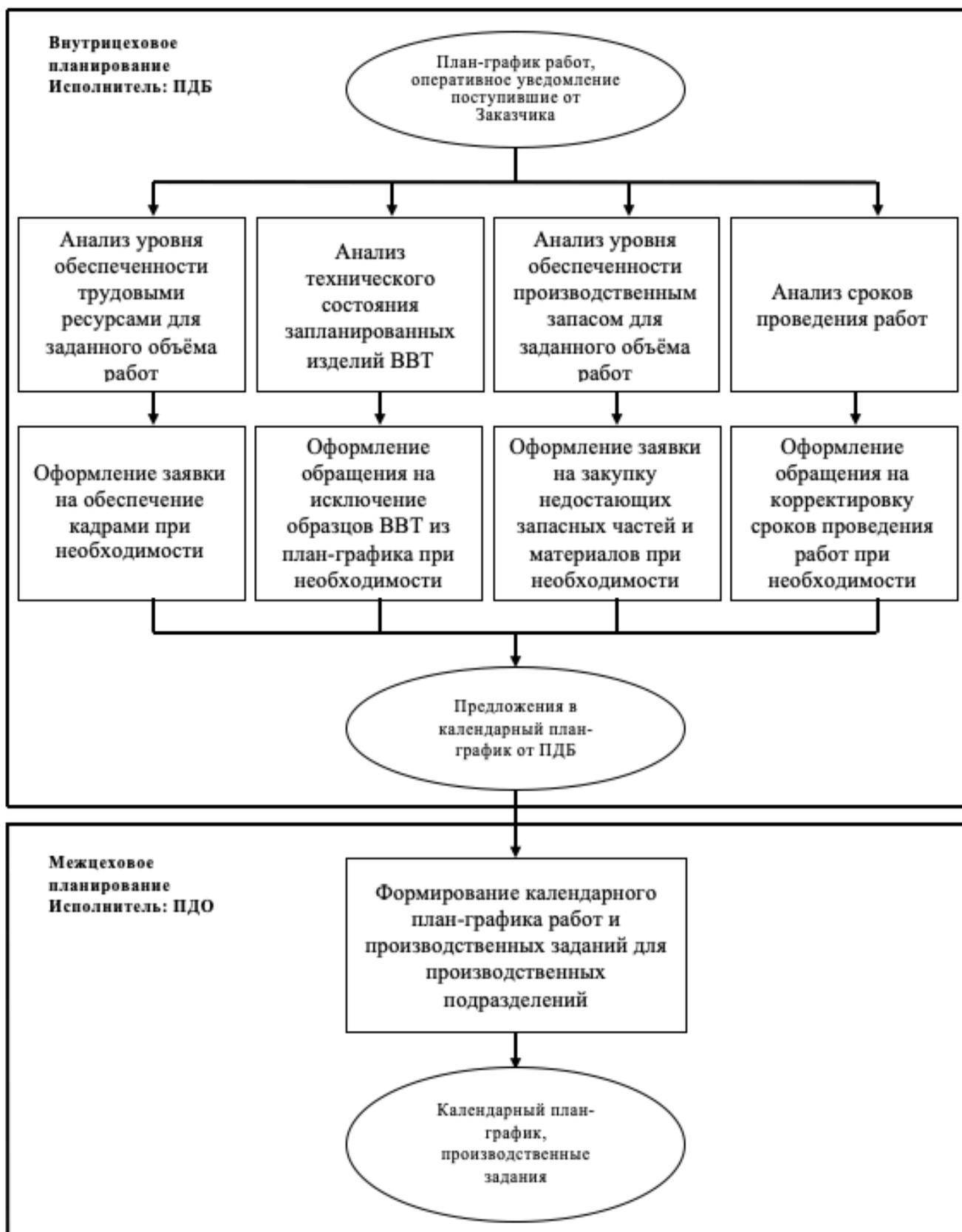


Рисунок 2.9 – Графическое описание методики оперативно-календарного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования

Исходными данными для осуществления процесса оперативно-календарного планирования являются план-график работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования на год, согласованный с заказчиком, а также оперативные уведомления на проведение внеплановых работ. На основании исходных данных ПДБ производственного подразделения готовит предложения в календарный план-график основных работ и направляет их в ПДО предприятия, где потом формируются производственные задания. Таким образом основной процесс взаимодействия внутрицехового и межцехового уровней планирования остается неизменным и взят из методики ОПП, применяемой на предприятиях - исполнителях работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования, рассмотренной нами ранее в первой главе диссертации. Основные изменения, заключающиеся во внедрении дополнительных инструментов и алгоритмов, касаются процесса формирования предложений в календарный план-график основных работ, то есть внутрицехового уровня ОПП.

Согласно построенному графическому представлению методики оперативно-календарного планирования мы видим, что основная масса аналитической работы, необходимой для обеспечения непрерывной и ритмичной работы производственного подразделения, приходится на внутрицеховой уровень оперативно-производственного планирования. Именно в нём производится анализ корректировка план-графика работ на стадии его согласования с заказчиком при помощи инструмента мониторинга технического состояния изделий ВВТ, осуществляется формирование и пополнение производственного запаса запасных частей и материалов для своевременного материально-технического обеспечения работ, анализируется уровень обеспеченности трудовыми ресурсами и прогнозируются сроки выполнения производственных заданий. Данные процессы осуществляются параллельно специалистами ПДБ производственного подразделения и призваны свести к минимуму возникновение ситуаций, которые могут повлечь за собой приостановку работ выездной бригады в эксплуатирующей организации.

Результатом проведённой аналитической работы ПДБ производственного подразделения являются предложения в календарный план-график работ, которые подаются в ПДО предприятия. Данные предложения анализируются, вносятся необходимые коррективы и формируется календарный план-график работ предприятия на планируемый период. После этого осуществляется рассылка производственных заданий в подразделения предприятия и оперативно-производственное планирование переходит в стадию диспетчирования работ по календарному план-графику.

2.3.2 Организация процесса диспетчирования

Следующим этапом после разработки календарного план-графика работ является диспетчирование хода выполнения производственных заданий. Даже на хорошо организованном предприятии возникают сбои и нарушения на различных стадиях производственного процесса. Исходя из этого, появляется необходимость постоянно контролировать выполнение производственных заданий календарного план-графика и при необходимости проводить оперативное регулирование производственной деятельности, необходимое для выполнения запланированных ранее объёмов работ. При этом диспетчирование производится как на межцеховом уровне диспетчером ПДО, так и на внутрицеховом уровне диспетчером ПДБ [107].

Диспетчирование – это комплекс мероприятий по осуществлению централизованного оперативного контроля и регулирования хода выполнения текущих производственных заданий согласно разработанным календарным план-графикам [35].

Согласно данному определению вытекает ряд следующих задач, стоящих перед диспетчером:

- непрерывный сбор и учет информации о ходе выполнения производственных заданий;

- обеспечение слаженного взаимодействия всех структурных подразделений, обеспечивающих выполнение всех стадий производственного процесса;

- контроль за ходом производственного процесса, выявление отклонений и нарушений, возникающих в ходе выполнения производственных заданий и анализ их причин;

- принятие оперативных мер по решению складывающихся проблемных ситуаций, препятствующих нормальному функционированию производственного процесса [35].

Первые две задачи решаются на межцеховом уровне оперативно-производственного планирования, а последние две – на внутрицеховом. Процесс диспетчирования работ по сервисному обслуживанию в местах базирования на внутрицеховом уровне затруднен тем, что он осуществляется в дистанционном формате посредством взаимодействия с руководителем выездной ремонтной бригады. Исходя из этого, наилучшей формой контроля хода проводимых в эксплуатирующей организации работ является получение ежедневных отчетов от руководителя бригады о выявленных дефектах на обслуживаемых изделиях ВВТ и предлагаемых способах их устранения. Диспетчер при этом докладывает руководству производственного подразделения текущую обстановку, которое принимает решения для оперативного регулирования хода производственного процесса. Таким образом, алгоритмы внутрицехового и межцехового диспетчирования можно представить в виде алгоритмов (Рисунок 2.10, Рисунок 2.11).



Рисунок 2.10 - Алгоритм диспетчирования хода производственного процесса (внутрицеховой уровень) [107].



Рисунок 2.11 – Алгоритм диспетчирования выполнения календарного плана (межцеховой уровень)

Получив ежедневный отчет о ходе работ от руководителя выездной бригады, диспетчер ПДБ производственного подразделения проводит его тщательный анализ и выявляет проблемные ситуации, которые могут повлиять на непрерывное и ритмичное функционирование производственного процесса и в последующем привести к невыполнению производственного задания. Далее после обсуждения с руководством производственного подразделения и принятия им управленческих решений проводится оперативное регулирование хода производственного процесса, которое может заключаться в оформлении заявки на срочную закупку запасных частей и материалов, в привлечении дополнительных трудовых ресурсов для обеспечения работ, в подготовке комплекта конструкторской и технологической документации для проводимых работ и т.д. [66]. Действия по оперативному регулированию направлены на поддержание непрерывного течения производственного процесса, то есть предотвращают приостановку работ выездной ремонтной бригады в местах базирования ВВТ.

На межцеховом уровне диспетчер ПДО предприятия также проводит диспетчирование выполнения календарного план-графика основных работ. По результатам сбора справок о выполнении производственного задания с диспетчеров ПДБ и доклада руководству ПДО принимается решение о необходимости корректировки календарного план-графика работ, а также выполняется оперативное регулирование деятельности вспомогательных служб предприятия, задействованных в обеспечении работ основного производства (например, ускорение сроков закупки комплектующих, заключение договора с предприятиями - соисполнителями по ремонту составных частей и т.д.).

Анализируя данные алгоритмы диспетчирования, можно сделать вывод о необходимости высокого уровня профессиональной подготовки кадрового состава ПДБ производственного подразделения и ПДО предприятия. Диспетчеры должны знать все особенности протекания производственного процесса, иметь знания о составе и принципах функционирования обслуживаемых изделий ВВТ для осуществления анализа их технического состояния и возникающих проблем в ходе проведения работ. Это достижимо посредством снижения текучести кадров

и тщательного выстраивания их деловой карьеры, а также повышения уровня ответственности рабочих за проделанную работу, чему может способствовать всестороннее совершенствование и развитие социальных процессов на предприятии [36].

2.3.3 Организация процесса внутрицехового планирования

Внутрицеховое планирование является неотъемлемой частью оперативно-производственного планирования и осуществляется ПДБ производственного подразделения. Руководствуясь методикой оперативно-календарного планирования, графическое описание которой представлено выше, определим основные инструменты, позволяющие сформировать предложения в календарный план-график на внутрицеховом уровне ОКП. ПДБ производственного подразделения должно осуществлять следующие функции:

1. Проводить мониторинг технического состояния ВВТ в местах базирования для своевременного исключения возможности выезда бригады специалистов на изделия, которые невозможно восстановить в условиях эксплуатирующей организации.

2. Формировать производственный запас наиболее востребованных запасных частей и материалов для проведения сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

3. Прогнозировать сроки выполнения работ на конкретном изделии, руководствуясь также данными о его техническом состоянии, полученным по результатам проведенного мониторинга технического состояния ВВТ.

4. Анализировать уровень обеспеченности основными производственными рабочими для выполнения заданного объема работ.

Проанализировав производственный процесс сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, можно сделать вывод, что наибольшую степень неопределенности в процессе формирования календарного план-графика несет в себе стадия непосредственного выполнения работ в эксплуатирующих

организациях. Оценка продолжительности выполнения работ не может быть детерминированной ввиду наличия множества случайных факторов, влияющих на ход сервисного обслуживания, обусловленных во многом ежедневной деятельностью эксплуатирующей организации, а также погодными условиями, ввиду необходимости проведения работ на открытых площадках. На время выполнения работ влияют распорядок дня представителей эксплуатирующей организации, которые обязаны участвовать в процессе обслуживания изделий ВВТ, своевременно обеспечивать ГСМ, необходимым оборудованием и оснасткой. Данные факторы делают невозможным проведение нормирования технологических операций выполняемых работ. Поэтому в нашем случае для построения календарного план-графика (а именно определения планируемых сроков выполнения работ) необходимо применять вероятностный метод, который позволяет учесть степень неопределенности работы путем распределения вероятности её выполнения в намеченный срок [48]. При этом сетевой график выполнения работ будет стохастическим, а вероятностные оценки времени выполнения каждой работы носят индивидуальный характер [49].

Объективная оценка времени проведения каждого этапа (работы) сервисного обслуживания изделия ВВТ в войсковых условиях при подготовке календарного плана невозможна без учета «допусков» на продолжительность работ. Для осуществления прогнозирования времени проведения работ вводятся следующие исходные временные оценки:

1. Наиболее вероятное время проведения работы при имеющихся ресурсах ($t_{н.в.}$ или m). Данная временная оценка подразумевает наиболее реалистичную продолжительность выполнения работ при нормальных, чаще всего встречающихся условиях выполнения работ.

2. Оптимистическая оценка времени выполнения работы (t_{min} или a) – минимальное время выполнения работы при наиболее благоприятном стечении обстоятельств.

3. Максимальная (пессимистическая) оценка времени выполнения работы (t_{max} или b) - максимальное время выполнения работы при наличии большого

количества срывов, неудач, факторов, влияющих на увеличение продолжительности выполнения работы, кроме форс-мажорных обстоятельств (стихийные бедствия, несчастные случаи и т.д) [48].

Распределение вероятностей времени, требующегося для выполнения данной работы, можно изобразить графически (Рисунок 2.12).

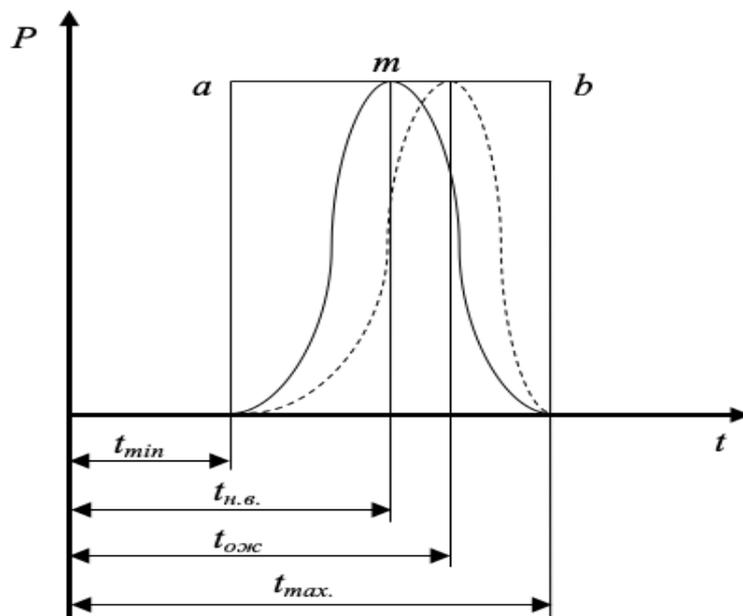


Рисунок 2.12 Распределение вероятности времени выполнения работы [48].

Среднестатистическое время $t_{ожс}$, необходимое для выполнения работы, определим по формуле:

$$t_{ожс(i-j)} = (t_{min(i-j)} + 4t_{н.в(i-j)} + t_{max(i-j)}) / 6 \quad (2.6)$$

Данная формула, полученная в результате ряда математических исследований, представляет собой математическое ожидание трех статистических оценок времени a, m, b [48].

Прогнозирование длительности производственного цикла при планировании работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования является отправной точкой для составления календарного план - графика и в последствии экономико-финансового плана производства.

При прогнозировании сроков выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования необходимо учитывать такой немаловажный фактор, как обеспеченность трудовыми ресурсами, ведь работы

могут быть проведены быстрее при наличии большего числа квалифицированных специалистов [108].

В связи с тем, что образцы ВВТ содержат в своем составе сложные механические, гидравлические и радиоэлектронные узлы, проведение работ по их ремонту, настройке и техническому обслуживанию должен проводить высококвалифицированный персонал инженерно-технического состава совместно с персоналом рабочих специальностей (слесарь, регулировщик радиоэлектронной аппаратуры и т.д.). При этом специалисты инженерно-технического состава должны обладать знаниями по ремонту всех составных частей изделия ВВТ в отличии от заводской системы, подразумевающей узкую специализацию каждого работника на определенной составной части или системе изделия ВВТ. Так как для проведения сервисного обслуживания в местах базирования используется бригадный метод, то внутри бригады действует специализация работников по определенным типам изделий ВВТ. Введем следующую специализацию работников по номенклатуре $j=\{1\dots m\}$, где m – общее количество номенклатур обслуживаемых изделий:

X_j – специалист по спецчасти (радиоэлектронная аппаратура, гидравлические узлы) изделия j -той номенклатуры;

M_j – ученик (молодой специалист, недавно принятый на работу работник) специалиста по спецчасти изделия j -той номенклатуры;

K_j – специалист по базовому шасси изделия j -той номенклатуры;

P – вспомогательные рабочие (слесари, регулировщики РЭА и П и т.д.).

При этом вспомогательные рабочие не являются специалистами по какому-либо изделию ВВТ и осуществляют операции сервисного обслуживания ВВТ по заданию и под контролем специалиста по спецчасти или базовому шасси [108].

Согласно требованиям техники безопасности, при осуществлении сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, работы проводятся минимум двумя людьми на спецчасти и на базовом шасси. Также, учитывая необходимость проведения работ на всех составных частях изделия ВВТ, можно задать целевую функцию загрузки основных производственных рабочих

Конечно фактическая ситуация с кадровой загруженностью отличается от планируемой ввиду поступления на предприятие внеплановых оперативных уведомлений Заказчика, а также человеческого фактора (болезнь работника, семейные обстоятельства и т.д.). Поэтому предприятию-исполнителю работ по сервисному обслуживанию ВВТ необходимо создавать кадровый резерв для своевременного выполнения заданий ГОЗ.

В связи со сложностью обслуживаемых изделий ВВТ, а также спецификой работы в местах базирования на предприятиях – исполнителях ГОЗ необходимо постоянно проводить комплекс мероприятий по обучению и стимулированию работников, так как в условиях дефицита высококвалифицированного и узкоспециализированного кадрового состава велик риск невыполнения работ в рамках ГОЗ и наложения штрафов на предприятие.

Инструменты внутрицехового планирования, позволяющие спрогнозировать сроки выполнения сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования и поддерживать необходимый уровень кадрового обеспечения безусловно необходимы для формирования предложений в календарный план-график выполнения работ, однако не решают основных проблем функционирования производственного процесса, выявленных в первой главе диссертации.

Решение задачи своевременного исключения неремонтопригодных в местах базирования изделий ВВТ из план-графика работ осуществляется за счет внедрения в методику ОПП алгоритма мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования.

2.3.3.1 Алгоритм мониторинга технического состояния продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Согласно ГОСТ РВ 0101-001 – 2007 «Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения» под мониторингом технического состояния изделия военной техники понимается непрерывный или периодический

контроль технического состояния изделия военной техники с целью выработки рекомендаций по его дальнейшей эксплуатации или снятию с эксплуатации для направления на заводской ремонт или утилизацию [4]. Непрерывный контроль за состоянием изделия ВВТ может быть осуществлен только с использованием дополнительных технических средств (датчиков), установленных в изделие, которые будут непрерывно передавать информацию в ситуационный центр [42,58]. Данные системы контроля технического состояния являются достаточно дорогостоящими как при закупке, так в обслуживании. Для осуществления оперативно-производственного планирования на предприятии-исполнителе гособоронзаказа достаточно осуществления процесса мониторинга посредством периодического контроля технического состояния изделий ВВТ дистанционно без выезда в место его дислокации.

В рамках разрабатываемой методики оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования процесс мониторинга необходим для осуществления анализа план-графика работ, пришедшего на согласование от заказчика. Это в свою очередь призвано минимизировать вероятность выезда бригады специалистов на неремонтопригодные в условиях эксплуатирующей организации образцы ВВТ, тем самым предотвращает убытки предприятия за невыполненные работы [102]. Также имеющиеся данные о техническом состоянии изделия ВВТ необходимы инженеру ПДБ при прогнозировании сроков выполнения работ по сервисному обслуживанию.

Для осуществления анализа технического состояния запланированных к обслуживанию изделий ВВТ разработана методика, в которой необходим сбор статистических данных о техническом состоянии следующих условных групп, подразделяющихся на условные подгруппы составных частей изделий:

1. Спецчасть изделия ВВТ:

- 1) радиоэлектронная аппаратура (РЭА) изделия;
- 2) механические и гидравлические устройства спецчасти изделия (в том числе система жидкостного охлаждения РЭА);

- 3) антенно-фидерная и волноводная системы;
- 4) кабельная сеть спецчасти изделия.

2. Базовое шасси изделия ВВТ:

- 1) система электропитания (СЭП) изделия;
- 2) электрооборудование базового шасси;
- 3) механические и гидравлические устройства шасси;
- 4) кабельная сеть базового шасси изделия.

Для вышеуказанных условных групп введём оценочный показатель технического состояния N , принимающий значения от 1 до 5 согласно Таблице 2.6 [65,102].

Таблица 2.6 - Значения критериев технического состояния условных групп

Оценочный показатель технического состояния, N	Значение оценочного показателя N
5	Условная группа технически исправна, не требует ремонта
4	Условная группа работоспособна с ограничениями. Требуется проведение регулировочно-настроечных работ и мелкого ремонта.
3	Условная группа технически неисправна. Требуется проведение ремонта на месте базирования ВВТ с возможным заводским ремонтом отдельных узлов, блоков и агрегатов из состава изделия.
2	Условная группа технически неисправна. Объёмы необходимого ремонта, возможности эксплуатирующей организации не позволяют выполнить ремонт условной группы в месте дислокации ВВТ. Требуется проведение заводского ремонта.
1	Условная группа технически неисправна в результате: <ol style="list-style-type: none"> 1. Наличия повреждений аварийного характера 2. Наличия неустраняемых последствий пожара 3. Наличия фактов хищения комплектующих изделия 4. Наличия иных факторов, не позволяющих принять изделие ВВТ на сервисное обслуживание согласно государственного контракта.

Данные по техническому состоянию условных групп составных частей изделия ВВТ важны для прогнозирования сроков выполнения работ, подбора необходимых специалистов для успешного восстановления техники. Однако для выработки решения о возможности проведения сервисного обслуживания на конкретном изделии ВВТ в месте его базирования необходимо введение одного

критерия T , который будет определять уровень технического состояния изделия ВВТ в целом на основании технического состояния его составных частей.

Критерий T , определяющий общий уровень технического состояния изделия ВВТ, определим посредством метода аддитивной свертки частных оценок, определяющих критерии N_{ij} . Данный метод применяется ввиду однородности свертываемых показателей и предполагает введение весовых коэффициентов для каждого частного критерия [102].

Самый большой вес будет иметь оценка $N_{ij}=1$, ввиду наибольшего влияния на конечный показатель T (в случае наличия хотя бы одной условной группы с таким показателем изделие не может быть принято для проведения работ). При этом для применения аддитивной свертки необходимо первоначально применить метод нормализации частных критериев посредством деления каждой оценки на максимальную оценку равную $N_{ij}=5$. Нормализованные критерии и весовые коэффициенты представлены в Таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Определение взвешенных нормализованных оценок критериев технического состояния условных групп

Оценка критерия N_{ij}	Нормализованная оценка критерия $N_{ij}/5$	Вес оценки критерия λ_{ij}	$\lambda_{ij} * N_{ij}/5$
[1]	[2]	[3]	[4]
1	0,2	0,7	0,14
2	0,4	0,25	0,1
3	0,6	0,025	0,015
4	0,8	0,015	0,012
5	1	0,01	0,01

Таким образом, критерий T будет представлять собой аддитивную свертку оценок, соответствующих каждому из частных критериев N_{ij} . Математически данную данную свертку представляется в виде формулы [102]:

$$T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 \frac{\lambda_{ij} * N_{ij}}{5} \quad (2.8)$$

Согласно полученной формуле видим прямую зависимость критерия T от величины λ_{ij} . Соответственно, чем больше вес критерия, тем больше величина критерия T . Определив наиболее весомыми оценками критериев N_{ij} значения $N_{ij}=1$ и $N_{ij}=2$, делаем вывод, что чем больше полученный в результате аддитивной свертки критериев коэффициент T , тем хуже техническое состояние изделия ВВТ и меньше вероятность успешного его восстановления на месте его базирования.

Путём анализа и перебора возможных вариантов получим, что при $T \leq 0,12$ на изделии ВВТ возможно проведение сервисного обслуживания в месте его базирования [102, 104, 105]. В остальных случаях на изделии ВВТ требуется проведение заводского ремонта, либо изделие не может быть принято для проведения работ ввиду каких-либо аварийных повреждений, фактов хищения и т.д. Таким образом необходимое и достаточное условие проведения сервисного обслуживания образца ВВТ в месте его базирования математически описывается следующим образом:

$$\forall i=\{1..2\}, j=\{1..4\} (N_{ij} \geq 3 \rightarrow T \leq 0,12) \quad (2.9)$$

Сбор статистических данных о техническом состоянии условных групп должен осуществляться инженером ПДБ производственного подразделения на основании актов выполненных работ предыдущих периодов, данных, полученных от бригадиров выездных бригад и непосредственно из эксплуатирующих организаций путем деловой переписки и личного контакта. Далее полученные данные обрабатываются и заносятся в базу данных, которая является «информационным ядром» процесса внутрицехового планирования.

При поступлении на согласование план-графика работ или оперативного уведомления заказчика ПДБ проводится анализ технического состояния каждого изделия ВВТ и в случае обнаружения неремонтопригодных в условиях эксплуатирующих организаций образцов предпринимаются меры по замене этих изделий на другие посредством деловой переписки с заказчиком.

Алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования представлен на Рисунке 2.14.

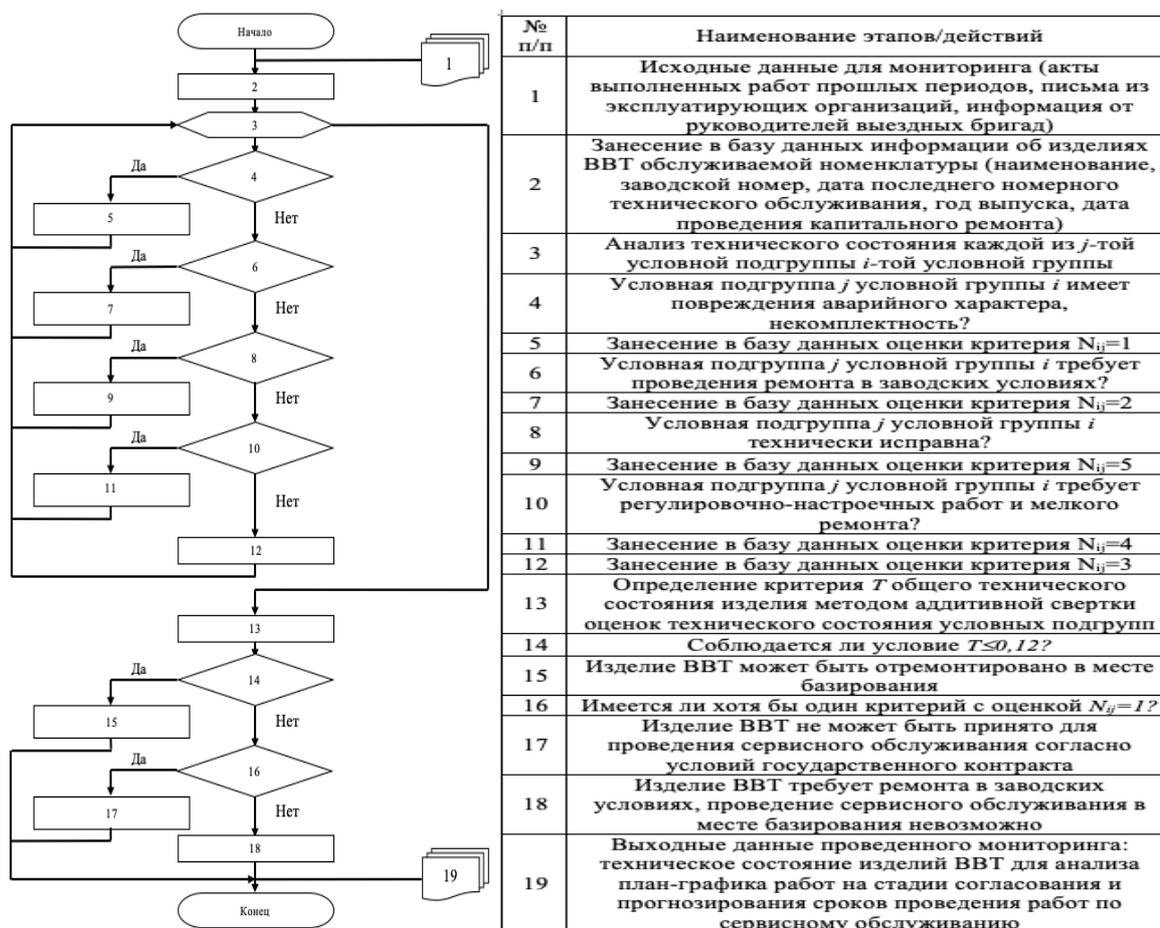


Рисунок 2.14 – Алгоритм мониторинга технического состояния изделий ВВТ в местах базирования

В процессе сбора данных о техническом состоянии изделий ВВТ немаловажным также является сбор информации о дате проведения последнего номерного технического обслуживания, чтобы заранее исключить из план-графика изделия, на которых нельзя проводить данный вид обслуживания согласно регламента, определенного эксплуатационной документацией.

Для планирования сроков выполнения работ также необходимо учитывать плановые спецмероприятия в эксплуатирующих организациях, которые станут препятствием для проведения сервисного обслуживания (например, плановые учения). Все известные данные о сроках проведения данных спецмероприятий также заносятся в базу данных.

Проведение мониторинга технического состояния изделий ВВТ позволяет существенно снизить риски выезда бригады специалистов на неремонтопригодную в местах базирования технику, тем самым предотвратить

несение убытков предприятием. Кроме того, внедрение данного инструмента в методику ОПП приводит в конечном итоге к повышению уровня ритмичности производства и позволяет решить одну из проблем, препятствующих ритмичному функционированию производственного процесса в части своевременного исключения неремонтопригодных в местах базирования изделий ВВТ из плана графика работ.

Решение задачи своевременного материально-технического обеспечения работ возложено на алгоритм формирования производственного запаса, который необходим при осуществлении внутрицехового планирования.

2.3.3.2 Алгоритм формирования производственного запаса

В настоящее время в сфере сервисного обслуживания ВВТ очень остро стоит вопрос о создании производственных запасов на предприятиях. Запасы запасных частей (ЗИП) в эксплуатирующих организациях на текущий момент времени использованы на 90%, что приводит к необходимости оперативной поставки необходимых комплектующих из фондов предприятия – исполнителя работ.

Согласно Федерального закона №275-ФЗ от 29.12.2012 «О государственном оборонном заказе» предприятие имеет возможность опережающей закупки производственных запасов материалов и запасных частей с последующей компенсацией понесенных расходов из средств государственных контрактов [22].

Минимизация складских запасов является одним из постулатов системы бережливого производства. Однако, подавляющее большинство запасных частей изделий ВВТ уникальны и производятся на единственном заводе-изготовителе с длительным производственным циклом изготовления (до 1 года). В результате, прервав работы на изделии ВВТ из-за необходимости закупки комплектующих, предприятие вынуждено ждать достаточно длительное время, необходимое для закупки требуемого для ремонта имущества. Все это время неисправное изделие ВВТ простаивает без применения и на нем появляются новые

неисправности. Данные факты ведут к значительному увеличению длительности производственного цикла выполнения работ, снижению уровня ритмичности производства и в конечном итоге возникает угроза срыва сроков выполнения ГОЗ [103].

Учитывая вышеизложенное, формирование производственного запаса запасных частей и материалов жизненно необходимо для ритмичного функционирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

Для формирования запаса запасных частей и материалов воспользуемся простой формулой:

$$Z = Z_{тек} + Z_{несн} \quad (2.10)$$

где $Z_{тек}$ – текущий уровень запаса комплектующих и материалов, необходимый для проведения текущих работ;

$Z_{несн}$ – неснижаемый уровень запаса комплектующих и материалов [103].

Существует множество методов расчета объемов запасов, наиболее известные из которых опытно-статистический метод, метод технико-экономических расчетов, экономико-математические методы [45]. Ввиду того, что производственный процесс сервисного обслуживания изделий ВВТ относится к типу единичного производства и большая доля запасов, необходимых для поддержания его функционирования имеет длительный технологический цикл изготовления, целесообразно использовать опытно-статистический метод расчета объема производственных запасов [75].

Данный метод основан на анализе статистической отчетности о расходе запасных частей. Причем, чем детальнее проводится анализ, тем точнее представление об уровне оптимального производственного запаса. Сначала оценивается состояние запасов за прошлые периоды и далее делается прогноз на его изменение в будущем. При этом основой метода является сбор статистических данных и тщательный анализ предметной области [45].

На основании актов выполненных работ предыдущих периодов, данных от руководителей бригад и данных, получаемых из эксплуатирующих организаций,

вычисляется расход i - той детали R_i в выборке из изделий j -той номенклатуры (n_j – число изделий в выборке). На основании полученных статистических данных вычисляется удельный расход i - той детали на каждое изделие j -той номенклатуры:

$$N_i = R_i / n_j \quad (2.11)$$

Далее расчет текущего запаса запасных частей будем проводить по формуле, учитывающей объём запланированных изделий j – той номенклатуры $V_{текj}$ согласно плана-графика проведения работ по сервисному обслуживанию, утвержденного заказчиком в момент подписания государственного контракта. Учитывая вышеизложенное, получим формулу для расчета текущего запаса i – той детали:

$$Z_{теки} = N_i * V_{текj} = R_i * V_{текj} / n_j \quad (2.12)$$

Общий текущий запас запасных частей будем определять по формуле:

$$Z_{тек} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_j} V_{текj} \quad (2.13)$$

При этом, согласно опытно-статистического метода формирования запаса, объём $Z_{тек}$ постоянно меняется в результате появления новых статистических данных в ходе проведения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования [103].

Величину неснижаемого запаса устанавливают, как правило, в пределах 50% от текущего запаса. Поэтому первичный расчёт неснижаемого (страхового) запаса запасных частей будем производить согласно формулы:

$$Z_{несн} = 0,5 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_j} V_{текj} \quad (2.13)$$

Рассмотрев необходимость формирования запасов материалов (масла, смазки, топливо, ветошь и т.д.), которые необходимы для проведения номерного технического обслуживания, сделан вывод, что ввиду их ограниченного срока годности и небольшой длительности технологического цикла изготовления, формирование их запасов нецелесообразно. Однако, учитывая специфику проведения работ в рамках ГОЗ, для обеспечения самых первых работ по вновь заключаемому государственному контракту, предприятию необходимо иметь

минимальный первоначальный запас материалов, который необходимо формировать на этапе согласования новых контрактов. Данный первоначальный запас рассчитывается исходя из расхода материала M_i в выборке из n_j изделий для каждой j -той номенклатуры обслуживаемых изделий:

$$Z_0 = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p N_{ij}^m = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p \frac{M_i}{n_j} \quad (2.14)$$

, где N_{ij}^m – удельный расход i -того материала на одно изделие j -той номенклатуры.

Таким образом, общая формула определения объема производственного запаса имеет вид:

$$Z = 1,5 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n_j} V_{\text{тек}j} \quad (2.15)$$

По результатам прошедшего года производится анализ расхода производственных запасов и корректировка объемов его пополнения в следующем году в большую или меньшую сторону.

Управление производственным запасом осуществляется по принципу постоянной пополняемости неснижаемого запаса запасных частей. Т.е. в случае, если запасная часть закончилась в текущем запасе и изымается из неснижаемого, то формируется заявка на пополнение склада.

Формируемый производственный запас заносится в базу данных и используется в последствии в процессе внутрицехового планирования производственной деятельности.

Алгоритм формирования производственного запаса представлен на Рисунке 2.15.

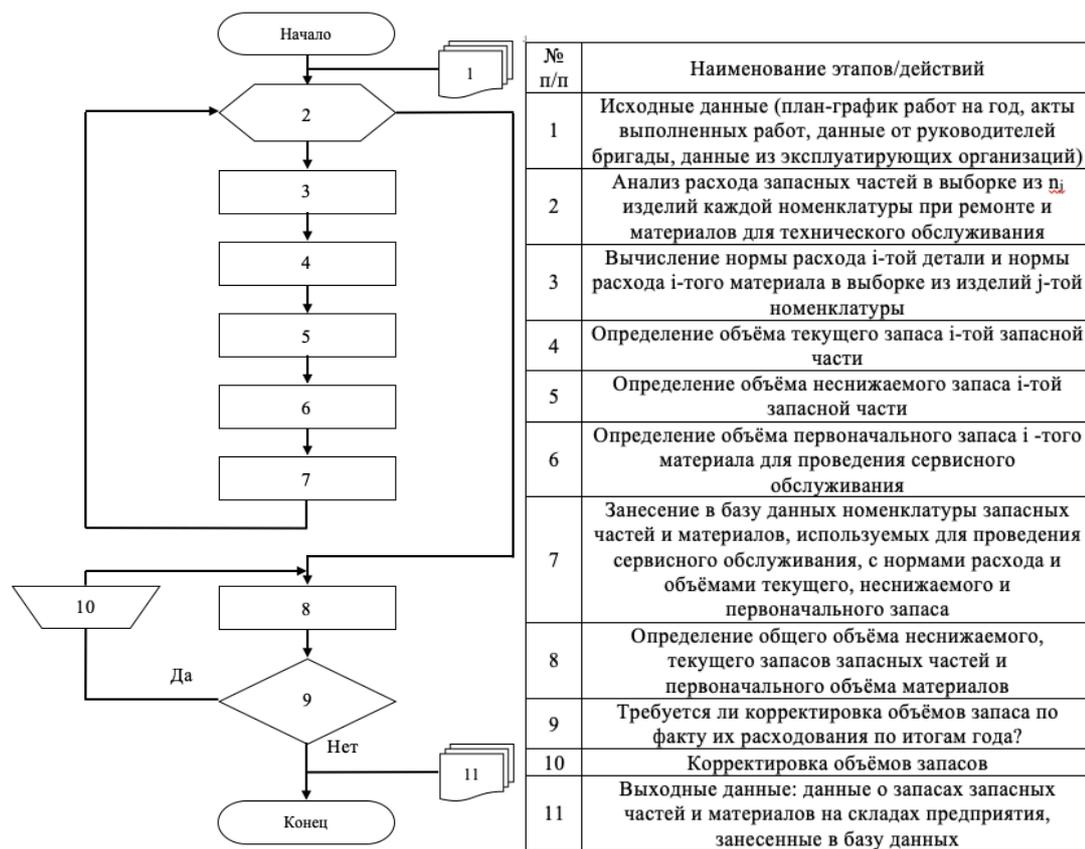


Рисунок 2.15 – Алгоритм формирования производственного запаса

Внедрение алгоритма формирования производственного запаса в качестве инструмента для осуществления ОПП на внутрицеховом уровне планирования позволит осуществлять своевременное материально-техническое обеспечение работ, что позволит снизить длительность производственного цикла выполнения сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, увеличить уровень ритмичности производства и, как следствие, выполнить в установленные сроки задания ГОЗ.

2.4 Выводы по второму разделу

В данной главе разработана математическая модель производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, описывающая основные проблемные ситуации, препятствующие его ритмичному функционированию. На базе построенной модели решена задача оптимизации, заключающаяся в обеспечении минимальной длительности производственного

цикла выполнения работ, что является одним из показателей эффективности процесса оперативно-производственного планирования.

Основываясь на методе прикладного системного инжиниринга, сформирована архитектурная модель методики ОПП. Определены её основные инструменты, в том числе и новые, ранее не применявшиеся на предприятиях, позволяющие решать основные проблемы функционирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

Разработаны алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования и алгоритм формирования производственного запаса, позволяющие решать задачи исключения неремонтопригодных в местах базирования образцов ВВТ из план-графика на этапе его согласования с заказчиком и своевременного материально-технического обеспечения работ соответственно.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

3.1 Реляционная модель базы данных методики оперативно - производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

В основе современных информационных технологий лежат понятия информации и данных. При этом данные - это фиксированные сведения о событиях или явлениях, а информация появляется в результате обработки данных при решении конкретных задач. Данные представляются в формализованном виде, пригодным для обработки и интерпретации с участием человека или автоматизированными системами. Массивы данных в структурированном виде хранятся в базах данных [77]. Согласно ГОСТ 34.321-96 база данных - это совокупность взаимосвязанных данных, организованных в соответствии со схемой базы данных таким образом, чтобы с ними мог работать пользователь [78].

База данных является «информационным ядром» автоматизированной информационной системы, которая представляет собой систему, в которой представление, хранение и обработка информации осуществляется с помощью вычислительной техники. Поэтому необходимо постоянно поддерживать её в актуальном состоянии [80].

В методике оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования база данных должна содержать в себе сведения об изделиях обслуживаемой номенклатуры, в том числе их техническом состоянии, объёмах запланированных работ и сроках их выполнения, наиболее часто выходящих из строя узлах и агрегатах и т.д. В данном случае база данных, постоянно актуализируемая инженерами ПДБ производственного подразделения, необходима для формирования предложений в календарный план-график и

содержит в себе данные необходимые для принятия каких-либо управленческих решений.

При проектировании баз данных выделяют следующие основные этапы: инфологическое проектирование, логическое проектирование и физическое проектирование [79].

На первом этапе необходимо детально проанализировать предметную область и создать её модель. Основой анализа служат документы предметной области и информация, которую можно получить от специалистов. В результате выделяются объекты и связи между ними, что в конечном итоге представляется в виде ER-диаграммы (entity-relation diagram) или диаграммы «сущность - связь» [81,95]. В нашем случае предметная область достаточно хорошо проработана в предыдущих главах диссертации при разработке инструментов методики оперативно-производственного планирования. Таким образом, результаты инфологического проектирования можно представить в виде диаграммы «сущность - связь» (Рисунок 3.1).

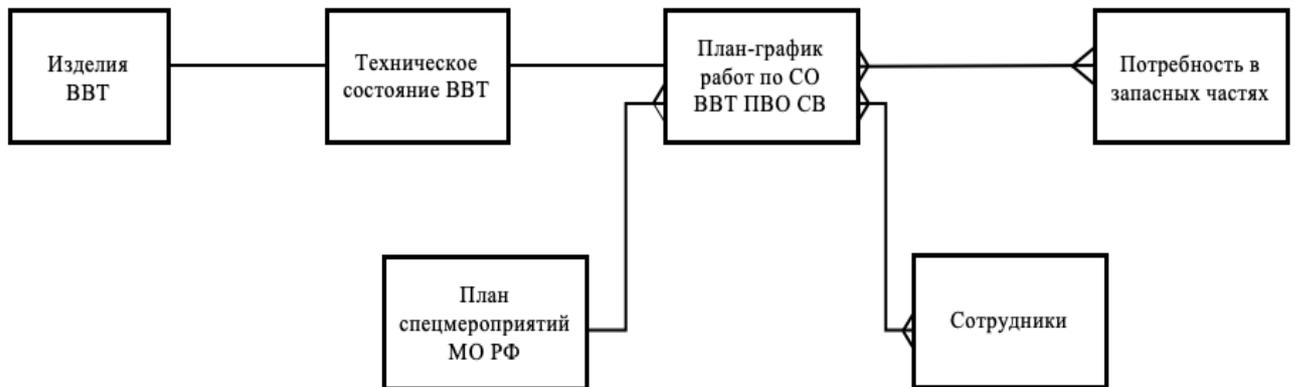


Рисунок 3.1 - Диаграмма «сущность-связь» предметной области

В полученной ER-диаграмме применяются разные типы связей между сущностями: «один к одному», «один ко многим», «многие ко многим». Последний тип необходимо преобразовывать к связи «один ко многим» на этапе логического проектирования, чтобы исключить зависимость неключевых атрибутов друг от друга [82].

На этапе логического проектирования диаграмма «сущность-связь» преобразуется в реляционную модель базы данных. В каждой сущности

определяются атрибуты, которые выражают свойства данной сущности. Среди них выбираются ключевые атрибуты, между которыми прокладываются связи [92]. Потом осуществляется нормализация отношений для исключения нарушения логической целостности данных и повышения их надёжности. На данном этапе связи «многие ко многим» преобразуются в связи «один ко многим» путем введения таблиц связи. Результатом этапа логического проектирования является концептуальная схема базы данных или её реляционная модель - основа для дальнейшего физического проектирования [83]. В результате проведения этапа логического проектирования получим реляционную модель базы данных, являющейся «информационным ядром» при составлении предложений в календарный план-график работ в рамках методики оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования (Рисунок 3.2).

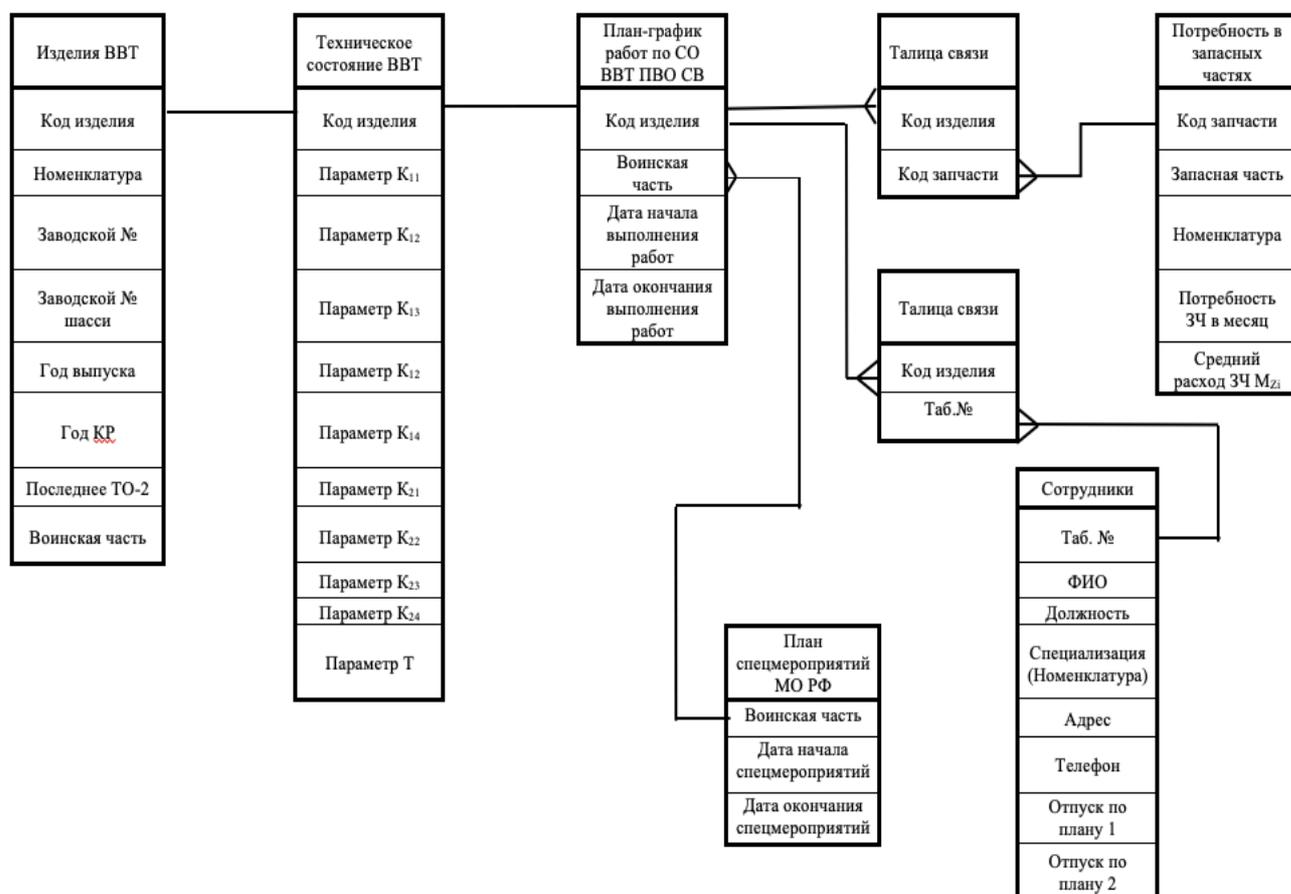


Рисунок 3.2 - Реляционная модель базы данных методики ОПП

Формированием реляционной модели базы данных заканчивается этап логического проектирования и осуществляется переход на стадию физического проектирования. На основании полученной модели разработчик выбирает требуемую систему управления базами данных и описывает полученные отношения на языке DDL.

Данная база данных применима как в качестве центрального элемента при разработке автоматизированной информационной системы (АИС), так и при осуществлении процесса оперативно-производственного планирования без использования АИС.

3.2. Оценка целесообразности внедрения усовершенствованной методики оперативно-производственного планирования на предприятиях машиностроения

С целью оценить целесообразность применения новой методики ОПП на предприятиях машиностроения проведем модельный эксперимент с использованием математической модели производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования, реализованной в виде сети Петри. Исходные данные для проведения эксперимента заимствованы с предприятия, осуществляющего работы по сервисному обслуживанию ВВТ противовоздушной обороны сухопутных войск (ПВО СВ) в местах базирования.

Целью проведения данного эксперимента будет являться изучение возможностей усовершенствованной методики ОПП для повышения уровня ритмичности и снижения длительности производственного цикла выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования.

Далее сформулируем рабочую гипотезу эксперимента: при применении усовершенствованной методики ОПП возрастает коэффициент ритмичности производства и снижается длительности производственного цикла выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ ПВО СВ в местах базирования.

Исходя из поставленной цели и выдвинутой рабочей гипотезы сформируем основные задачи данного эксперимента:

- 1) Осуществить сбор исходных данных для проведения эксперимента.
- 2) Оценить уровень ритмичности производства до применения усовершенствованной методики ОПП.
- 3) Применить инструменты усовершенствованной методики ОПП для оперативного управления производственным процессом. Оценить динамику уровня ритмичности производства и длительности производственного цикла выполнения работ.
- 4) Проанализировать результаты эксперимента и сделать вывод о целесообразности применения усовершенствованной методики ОПП на предприятии машиностроения.

В качестве исходных данных для проведения эксперимента возьмем данные о плановом (Рисунок 3.3) и фактическом (Рисунок 3.4) товарном выпуске продукции предприятия, выполняющего работы по сервисному обслуживанию ВВТ ПВО СВ в местах базирования за календарный год. При этом план товарного выпуска продукции (изделий ВВТ, прошедших сервисное обслуживание) формируется на основании план-графика работ, согласованного с заказчиком.

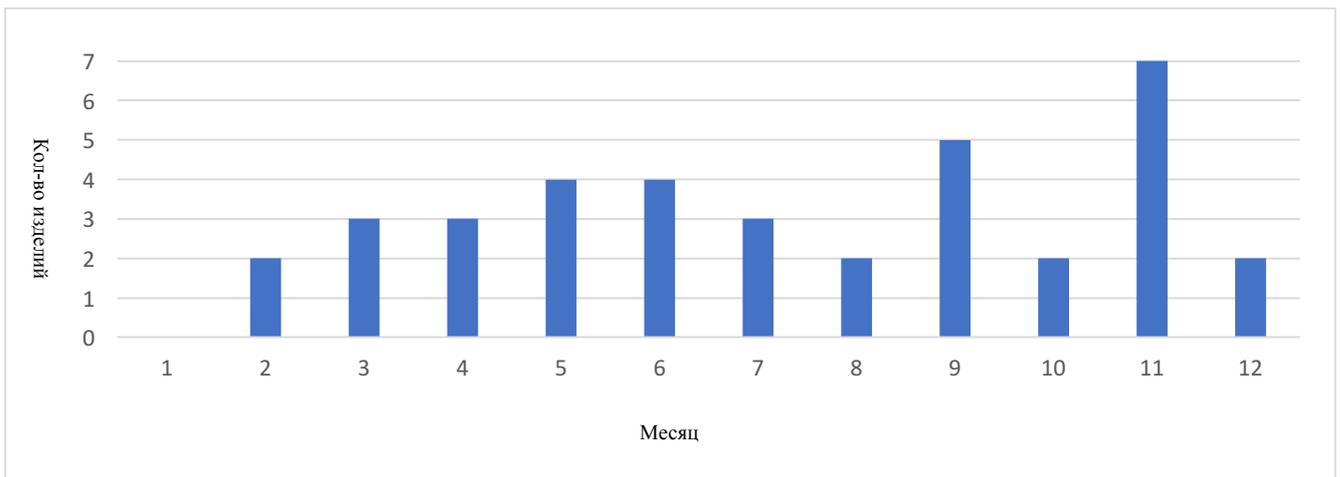


Рисунок 3.3 - Плановый товарный выпуск продукции на год

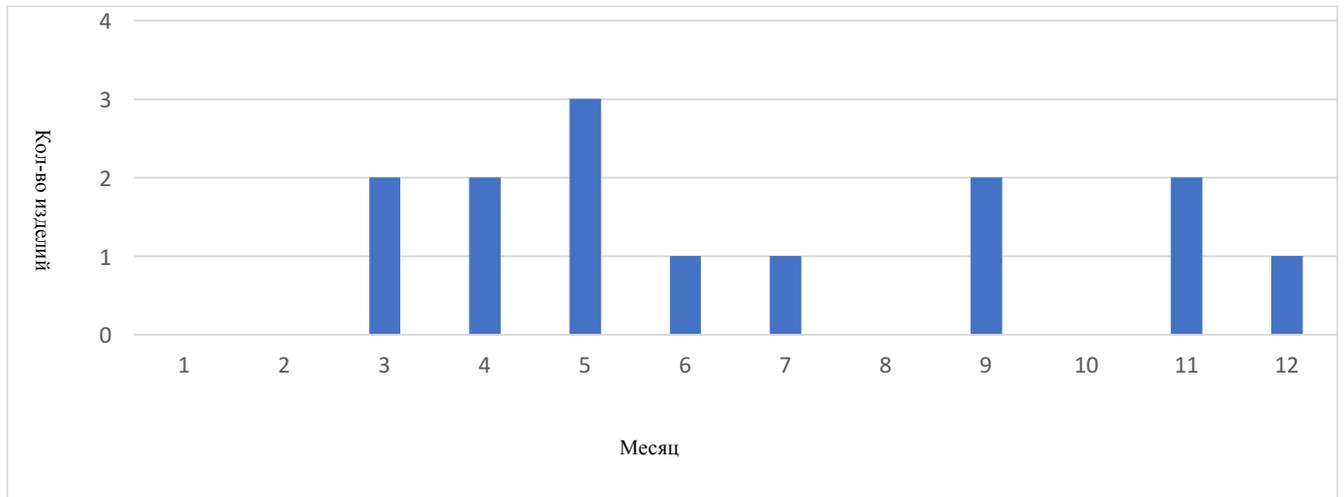


Рисунок 3.4 - Фактический товарный выпуск продукции за год

На основании собранных данных о плановом и фактическом товарном выпуске продукции можно оценить уровень ритмичности производства, основным показателем которого является коэффициент ритмичности, который определяется как отношение фактического товарного выпуска продукции к плановому [76]. Таким образом, среднегодовой коэффициент ритмичности производства согласно наших исходных данных $K_{ритм} = 14/37 = 0,38$.

Из полученного показателя видно, что предприятие не выполнило больше половины запланированных работ в календарном году. Часть изделий ВВТ, не прошедших сервисное обслуживание снимаются с задания ввиду их неремонтопригодности в местах базирования, а работы по остальным изделиям незавершенного производства переносятся на следующий год до момента, когда будут закуплены необходимые комплектующие для ремонта. Проведём детальный анализ причин невыполнения работ по план-графику. Результаты анализа представлены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Сведения о выполнении работ по план-графику сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в местах базирования до применения инструментов усовершенствованной методики ОПП

№ п/п	Анализируемые сведения	Кол-во изделий	%
1	Планируемый товарный выпуск согласно план-графику работ	37 ед.	100
2	Фактический товарный выпуск по план-графику работ	14 ед.	37,8

3	Приостановка работ ввиду необходимости закупки запасных частей	12 ед.	32,4
4	Приостановка работ ввиду необходимости ремонта в заводских условиях узлов и агрегатов	5 ед.	13,5
5	Снятие с задания ввиду несоответствия изделия условиям контракта (аварийные повреждения, некомплектность)	3 ед.	8,1
6	Снятие с задания ввиду необходимости проведения ремонта изделия в заводских условиях	3 ед.	8,1

Рассмотрим более детально причины приостановки работ по п.3 и п.4 Таблицы 3.1. Для этих целей проанализируем неисправные составные части и сроки их поставки заводами-изготовителями. Сроки поставки комплектующих взяты исходя из длительности производственного цикла изготовления составных частей и времени на оформление договорных отношений. Полученные данные представлены в Таблице 3.2 и Таблице 3.3.

Таблица 3.2 - Неисправные составные части изделий ВВТ для закупки

Изделие	Необходимые СЧ для закупки	Наличие в производственном запасе, %	Срок поставки комплектующих
А	Насосы жидкостного охлаждения - 2 шт.	0	270 дней
	Нагреватели системы жидкостного охлаждения - 2 шт.		270 дней
	Трансформатор ТА125-220-400		45 дней
В	Масляный фильтр гидрообъемного механизма поворота - 1 шт.	0	180 дней
	Кольцо 85х3-ирп-3012		15 дней
	Каток опорный		180 дней
С	Насосы жидкостного охлаждения - 2 шт.	0	270 дней
	Нагреватели системы жидкостного охлаждения - 2 шт.		270 дней
	Трансформатор ТА125-220-400		45 дней
	Транзистор П701А		20 дней
D	Ионно-обменный фильтр	0	150 дней
	Лампа ГМИ-46Б		120 дней
	Лампа УВ-110		120 дней
Е	Насосы жидкостного охлаждения - 2 шт.	0	270 дней
	Нагреватели системы жидкостного охлаждения - 2 шт.		270 дней

	Видикон ЛИ456		60 дней
	Трансформатор ТА125-220-400		45 дней
F	Редуктор подъёма мачты антенны телекодовой связи	0	360 дней
G	Редуктор привода вращения антенны	0	180 дней
H	Насосы жидкостного охлаждения - 2 шт.	0	270 дней
	Нагреватели жидкостного охлаждения - 2 шт.		270 дней
	Транзистор 2Т312А - 3 шт.		20 дней
	Транзистор П701А - 3 шт.		20 дней
I	Реле стартер-генератора	0	180 дней
	Прибор автоматики согласующий		180 дней
	Отопительно-вентиляционная установка		90 дней
J	Лампа УВИ-38	0	150 дней
	Микросхема 13ЗИР1 - 7 шт.		30 дней
K	Предпусковой жидкостный подогреватель	0	90 дней
	Отопительно-вентиляционная установка		90 дней
L	Аккумуляторные батареи - 4 шт.	0	60 дней

Таблица 3.3 - Неисправные составные части изделий ВВТ, требующих проведения ремонта на предприятиях - соисполнителях

Изделие	СЧ требующие проведения заводского ремонта	Наличие в производственном запасе, %	Срок ремонта составной части
M	Радиостанция Р-173	0	90 дней
N	Тяговый двигатель	0	50 дней
O	Блоки РЭА - 7 шт.	0	90 дней
P	Гидромеханическая трансмиссия	0	70 дней
Q	Блоки РЭА - 10 шт.,	0	120 дней
	Антенно-мачтовое устройство		60 дней

По результатам проведенного анализа выявлены достаточно длительные сроки изготовления новых запасных частей заводами-изготовителями, а также длительные технологические циклы ремонта отдельных составных частей на предприятиях - соисполнителях. Данные факты приводят к значительному

увеличению длительности производственного цикла выполнения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования.

В среднем длительность производственного цикла сервисного обслуживания изделия ВВТ ПВО СВ в местах базирования равна 30 календарным дням. В результате приостановки работ из-за необходимости закупки комплектующих или ремонта составных частей длительность производственного цикла существенно возрастает, а на самом изделии за это время могут появиться дополнительные дефекты. В данном случае ввиду больших сроков изготовления или ремонта составных частей отсутствие производственного запаса на предприятии приводит к невыполнению 45,9% годового план-графика работ.

Рассматривая математическую модель производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в местах базирования, реализованную в виде сети Петри, очевидно, что ситуация приостановки работ в следствие отсутствия комплектующих для ремонта, соответствует срабатыванию перехода $t14$ и перехода сети назад к переходу $t4$. Данный факт приводит к увеличению длительности производственного цикла, так как переход $t14$ не входит в последовательность переходов, соответствующей решению оптимизационной задачи обеспечения минимальной длительности производственного цикла, представленной во второй главе диссертации.

Также по результатам анализа причин невыполнения план-графика работ выявлены факты наличия в план-графике изделий ВВТ, работы на которых невозможно выполнить ввиду их неремонтопригодности в местах базирования. Наличие данных изделий ВВТ приводит к невыполнению 16,2% годового план-графика работ. В математической модели производственного процесса данные ситуации представлены срабатыванием переходов $t8$, $t12$, после которых сеть Петри заходит в тупик. Фактически это приводит к снятию изделий с план-графика и потерям собственных средств предприятия, затраченных на выезд бригады специалистов. Данные переходы сети Петри также отсутствуют в решении задачи оптимизации.

Теперь применим инструменты усовершенствованной методики ОПП для

оперативного управления производственным процессом сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в местах базирования.

Для начала проанализируем каждую запасную часть, требующуюся для ремонта на предмет возможности её наличия в производственном запасе предприятия. С этой целью определим норму расхода каждой запасной части в выборке из 10 изделий одной номенклатуры, руководствуясь формулой $N_i=R_i/n_j$. Информация для определения норм расхода запасных частей берется на основе сбора статистических данных из актов выполненных работ, информации от эксплуатирующих организаций и руководителей выездных бригад. Полученная информация приведена в Таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Нормы расхода запасных частей для ремонта изделий ВВТ

№ п/п	Наименование ЗЧ	Норма расхода на 1 изделие, N_i
1	Насос жидкостного охлаждения	1
2	Трансформатор ТА125-220-400	0,4
3	Нагреватели жидкостные	1
5	Масляный фильтр ГОМП	1
6	Кольцо 85x3-ирп-3012	1
7	Каток опорный	0
8	Транзистор П701А	20
9	Ионно-обменный фильтр	1
10	Лампа ГМИ-46Б	1
11	Лампа УВ-110	0,5
12	Видикон ЛИ456	0,4
13	Редуктор подъёма мачты антенны телекодовой связи	0
14	Редуктор привода вращения антенны	0
15	Транзистор 2Т312А	10
16	Реле стартер-генератора	0,5
17	Прибор автоматики согласующий	0,5
18	Отопительно-вентиляционная установка	1
19	Лампа УВИ-38	0,5
20	Микросхема 13ЗИР1	5
21	Предпусковой жидкостный подогреватель	0,8

22	Аккумуляторная батарея	2
23	Тяговый двигатель	0,4
24	Гидромеханическая трансмиссия	0,2
25	Радиостанция Р-173	0
26	Антенно-мачтовое острейство	0
27	Блоки РЭА	0

На основании полученных данных в Таблице 3.4 проанализируем наличие необходимых для проведения сервисного обслуживания изделий ВВТ составных частей в производственном запасе предприятия. Полученные данные представлены в Таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Наличие необходимых запасных частей для ремонта изделий ВВТ в производственном запасе предприятия

Изделие	Необходимые СЧ для ремонта	Наличие СЧ в производственном запасе, %
А	Насос СЖО -2 шт., нагреватели Нг1, Нг2, трансформатор ТА125-220-400	100
В	Масляный фильтр ГОМП, кольца 85х3-ирп-3012, каток опорный	66,6 (каток опорный отсутствует)
С	Насос СЖО -2 шт., нагреватели Нг1, Нг2, трансформатор ТА125-220-400, транзистор П701А - 4 шт.	100
Д	Ионно-обменный фильтр, лампа ГМИ-46Б, лампа УВ-110	100
Е	Насос СЖО -2 шт., нагреватели Нг1, Нг2, трансформатор ТА125-220-400, видикон ЛИ456	100
Ф	Редуктор подъема мачты антенны телекодовой связи	0
Г	Редуктор привода вращения антенны	0
Н	Насос СЖО -2 шт., нагреватели Нг1, Нг2, транзисторы 2Т312А - 3 шт., транзисторы П701А -3 шт.	100
И	Реле стартер-генератора, прибор автоматики согласующий, отопительно-вентиляционная установка	100
Ж	Лампа УВИ-38, микросхема 133ИР1 - 7 шт.	100
К	Предпусковой жидкостный подогреватель, отопительно-вентиляционная установка	100
Л	Аккумуляторные батареи - 4 шт.	100
М	Радиостанция Р-173	0
Н	Тяговый двигатель	100
О	Блоки РЭА -7 шт.	0

P	Гидромеханическая трансмиссия	100
Q	Блоки РЭА - 10 шт., антенно-мачтовое устройство	0

Таким образом, проанализировав наличие необходимых составных частей в производственном запасе предприятия, делаем вывод о необходимости приостановки работ на 6 изделиях ВВТ. Отсутствие составных частей для ремонта изделий ВВТ в производственном запасе объясняется достаточно редким их выходом из строя. Длительность производственного цикла ремонта данных изделий ВВТ увеличится на время, затраченное на приобретение необходимого имущества. Однако, на 11 изделиях ВВТ, благодаря наличию производственного запаса, работы будут выполнены в сроки, установленные план-графиком работ.

Динамика длительности производственного цикла сервисного обслуживания изделий ВВТ в местах базирования до и после применения усовершенствованной методики ОПП показана на Рисунке 3.5.

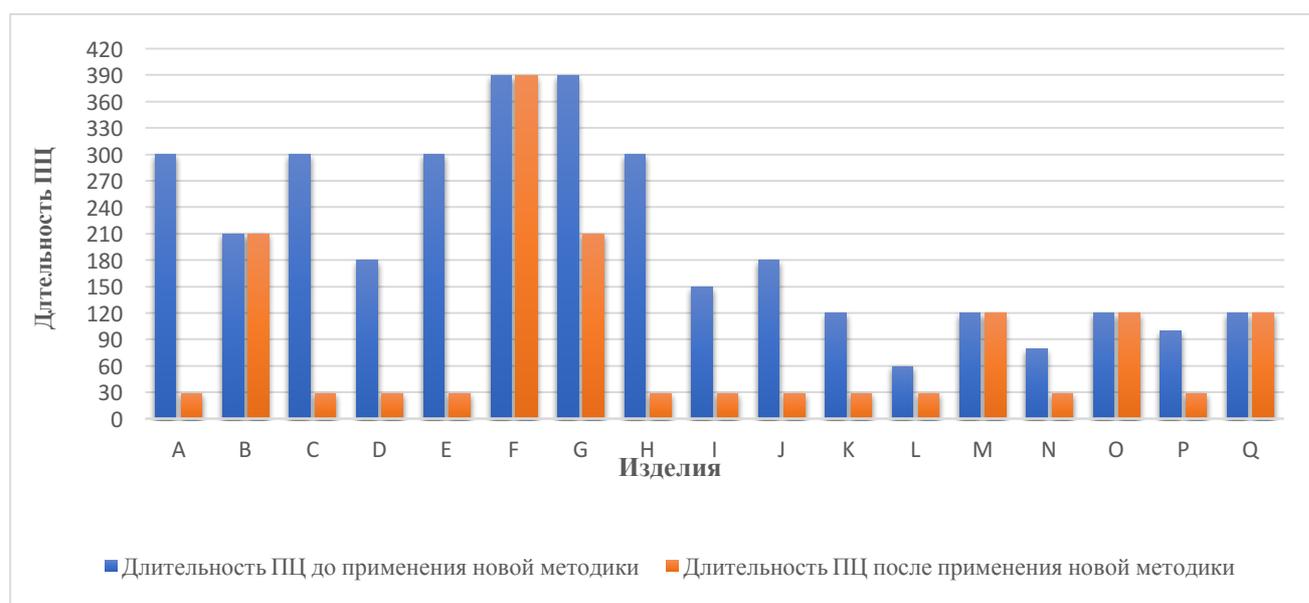


Рисунок 3.5 - Динамика длительности производственного цикла до и после применения новой методики ОПП

Теперь применим алгоритм мониторинга технического состояния изделий ВВТ для анализа их ремонтпригодности на этапе согласования план-графика выполнения работ по сервисному обслуживанию.

Согласно алгоритма, представленного во второй главе диссертации, оценим техническое состояние каждого запланированного изделия согласно критериев

технического состояния условных групп. Результаты мониторинга приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6 - Результаты мониторинга технического состояния ВВТ в местах базирования

№ п/п	Изделие	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄	T
1.	A	3	3	4	3	3	4	3	3	0,114
2.	B	3	3	3	4	3	3	3	4	0,114
3.	C	3	4	4	3	3	3	3	4	0,111
4.	D	3	4	4	4	4	4	3	4	0,102
5.	E	5	5	5	5	3	5	4	5	0,087
6.	F	3	3	4	3	4	3	3	4	0,111
7.	G	3	3	4	3	4	4	3	3	0,111
8.	H	3	4	4	3	4	3	3	3	0,111
9.	I	3	4	4	3	4	3	3	4	0,108
10.	J	3	3	3	4	3	3	3	4	0,114
11.	K	3	3	4	4	3	3	4	4	0,108
12.	L	3	4	4	4	3	3	3	4	0,108
13.	M	3	3	3	4	4	3	3	3	0,114
14.	N	3	3	3	4	3	4	3	4	0,111
15.	O	3	3	3	3	3	3	3	3	0,12
16.	P	3	4	4	3	4	3	3	3	0,111
17.	Q	3	3	4	4	3	3	3	3	0,114
18.	R	3	3	3	3	3	4	3	3	0,117
19.	S	3	3	3	4	3	3	3	4	0,114
20.	T	4	4	4	4	4	4	4	4	0,096
21.	U	3	3	3	2	2	3	3	3	0,29
22.	V	3	5	5	5	3	3	4	4	0,099
23.	W	3	3	3	3	3	3	3	3	0,12
24.	X	3	4	5	5	3	3	3	3	0,107
25.	Y	3	3	2	4	3	3	3	2	0,287
26.	Z	3	3	3	4	2	3	3	2	0,287
27.	AA	3	4	4	4	3	3	3	4	0,108
28.	BB	3	4	4	3	4	3	3	4	0,108
29.	CC	3	3	3	1	1	1	3	1	0,62
30.	DD	4	4	4	4	4	4	4	4	0,096
31.	EE	3	1	3	3	3	3	3	3	0,245
32.	FF	3	3	1	3	3	3	3	3	0,245
33.	GG	3	4	3	3	3	3	4	4	0,111
34.	HH	3	3	3	3	4	4	4	4	0,108
35.	II	3	3	4	4	3	3	4	4	0,108

36.	ЛЛ	3	4	4	4	3	3	3	4	0,108
37.	КК	4	4	4	4	4	4	4	4	0,096

В результате проведенного мониторинга технического состояния на этапе согласования план-графика выявлено 3 неремонтопригодные в местах базирования изделия (требующие заводского ремонта) и 3 изделия, которые не могут быть приняты на сервисное обслуживание ввиду их несоответствия условиям контракта (имеющие аварийные повреждения, некомплектные). Опираясь на полученную информацию по согласованию с заказчиком данные изделия заменяются на другие, ремонтпригодные в условиях эксплуатирующей организации.

Применив инструменты усовершенствованной методики ОПП, проанализируем выполнение план-графика работ (Таблица 3.7) и оценим фактический товарный выпуск (Рисунок 3.6).

Таблица 3.7 - Сведения о выполнении работ по план-графику сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в местах базирования после применения инструментов усовершенствованной методики ОПП

№ п/п	Анализируемые сведения	Кол-во изделий	%
1	Планируемый товарный выпуск согласно план-графика работ	37 ед.	100
2	Фактический товарный выпуск по план-графику работ	31 ед.	83,8
3	Приостановка работ ввиду необходимости закупки запасных частей	3 ед.	8,1
4	Приостановка работ ввиду необходимости ремонта в заводских условиях узлов и агрегатов	3 ед.	8,1
5	Снятие с задания ввиду несоответствия изделия условиям контракта	0	0
6	Снятие с задания ввиду необходимости проведения ремонта изделия в заводских условиях	0	0

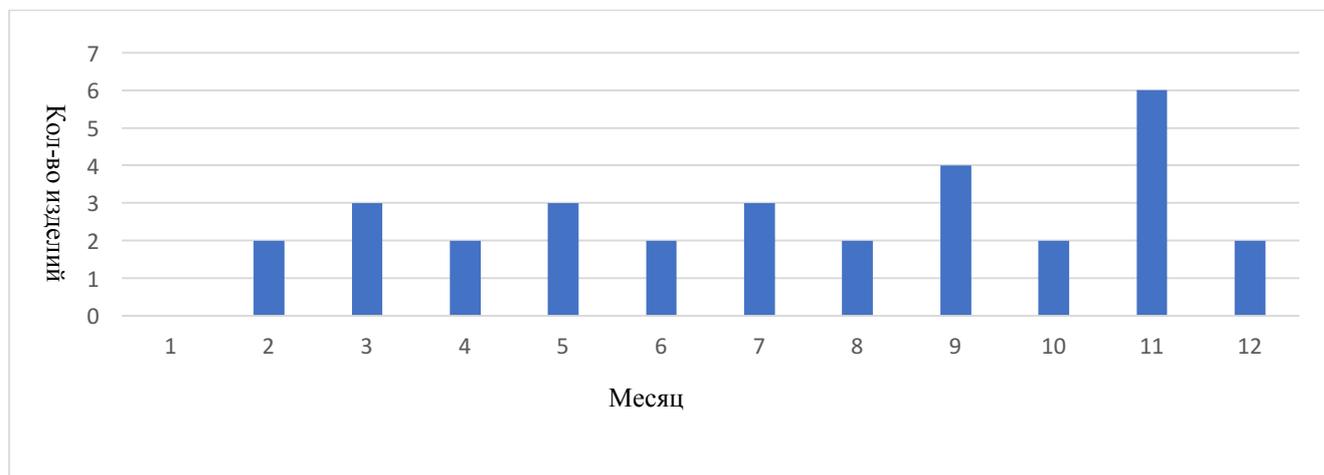


Рисунок 3.6 - Фактический товарный выпуск продукции после применения новой методики

Исходя из полученных данных средний коэффициент ритмичности производства $K_{ритм}=0,84$, что в 2,2 раза больше полученного до применения усовершенствованной методики ОПП. Динамика ритмичности производства по месяцам показана на Рисунке 3.7.

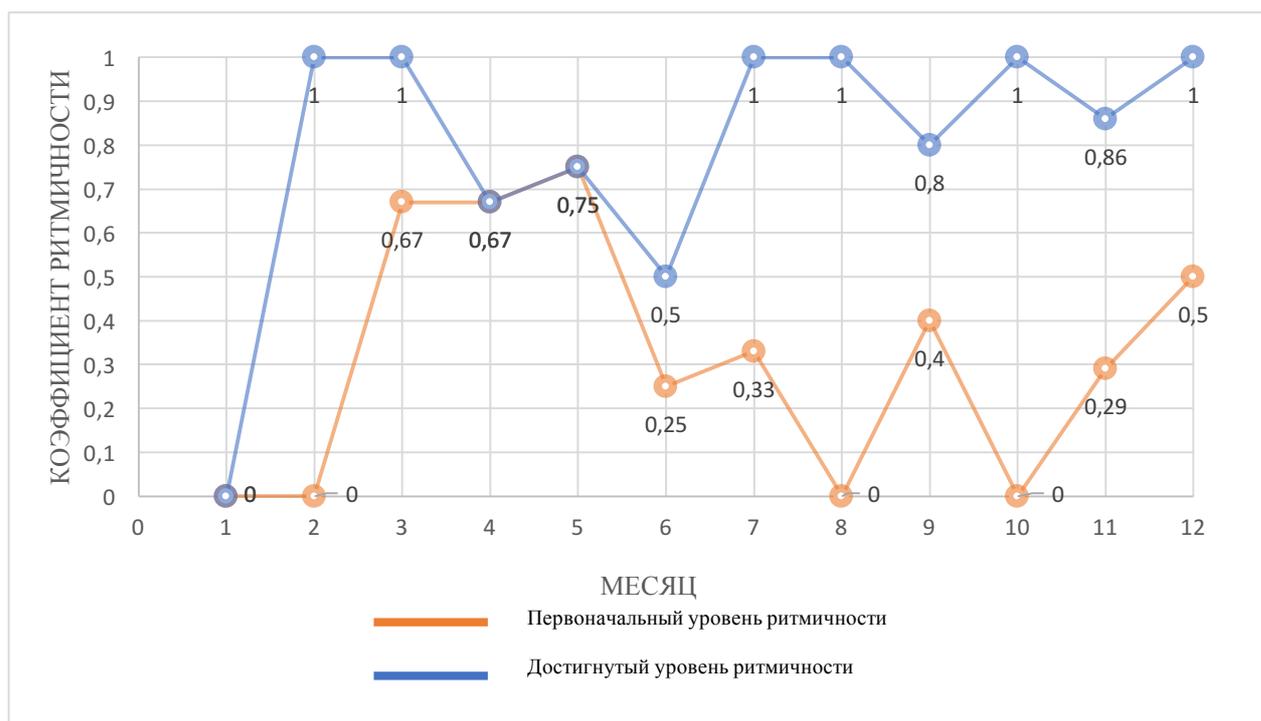


Рисунок 3.7 - Ежемесячная динамика уровня ритмичности производства до и после применения усовершенствованной методики ОПП

Таким образом, по результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что применение усовершенствованной методики ОПП приводит к повышению коэффициента ритмичности производства в 2,2 раза и к снижению

длительности производственного цикла проведения работ по сервисному обслуживанию ВВТ в местах базирования. Данные выводы полностью подтверждают рабочую гипотезу эксперимента, что говорит о целесообразности внедрения новой методики ОПП на машиностроительные предприятия для оперативного управления производственным процессом сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

В результате внедрения инструментов разработанной методики в АО «Рязанское производственно-техническое предприятие «Гранит» зафиксирован рост коэффициента ритмичности производства в 2,1 раза и снижение длительности производственного цикла выполнения работ до 30 календарных дней на 13 из 17 рассмотренных изделий плана-графика работ. Расхождение полученных данных с результатами проведенного модельного эксперимента составляет менее 10%, что свидетельствует об эффективности разработанной методики ОПП.

Также применение инструментов усовершенствованной методики ОПП привело к улучшению качества выполняемых работ. По результатам проведения анкетирования в эксплуатирующих организациях зафиксирован рост среднегодового показателя удовлетворенности потребителя с $Y_k=50\%$ до $Y_k=86,3\%$. Рост данного показателя качества произошёл в результате повышения оценок эксплуатирующих организаций по таким пунктам анкеты, как «Качество выполненных работ», «Соблюдение сроков поставки выполненных работ», «Удовлетворенность сотрудничества с предприятием», «Реализация ожиданий потребителя». Ежемесячная динамика данного показателя приведена на Рисунке 3.9.



Рисунок 3.8 - Динамика комплексного коэффициента удовлетворенности потребителя по месяцам

Для повышения скорости принятия управленческих решений, снижения количества ошибок, вызванных человеческим фактором, а также в рамках выполнения задачи внедрения средств автоматизации на предприятиях машиностроения, описанной в директивных документах Правительства Российской Федерации, рекомендуется дальнейшее практическое применение новой методики ОПП в виде автоматизированной информационной системы.

3.3. Структура автоматизированной информационной системы оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования

Согласно ГОСТ 34.003-90 автоматизированная информационная система - это система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [85].

Общую структуру АИС можно рассматривать как совокупность следующих обеспечивающих подсистем: технической, организационной, методической, лингвистической, программной, правовой, математической, информационной, эргономической. Схематично структура АИС ОПП производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ представлена на Рисунке 3.10 [84,86].

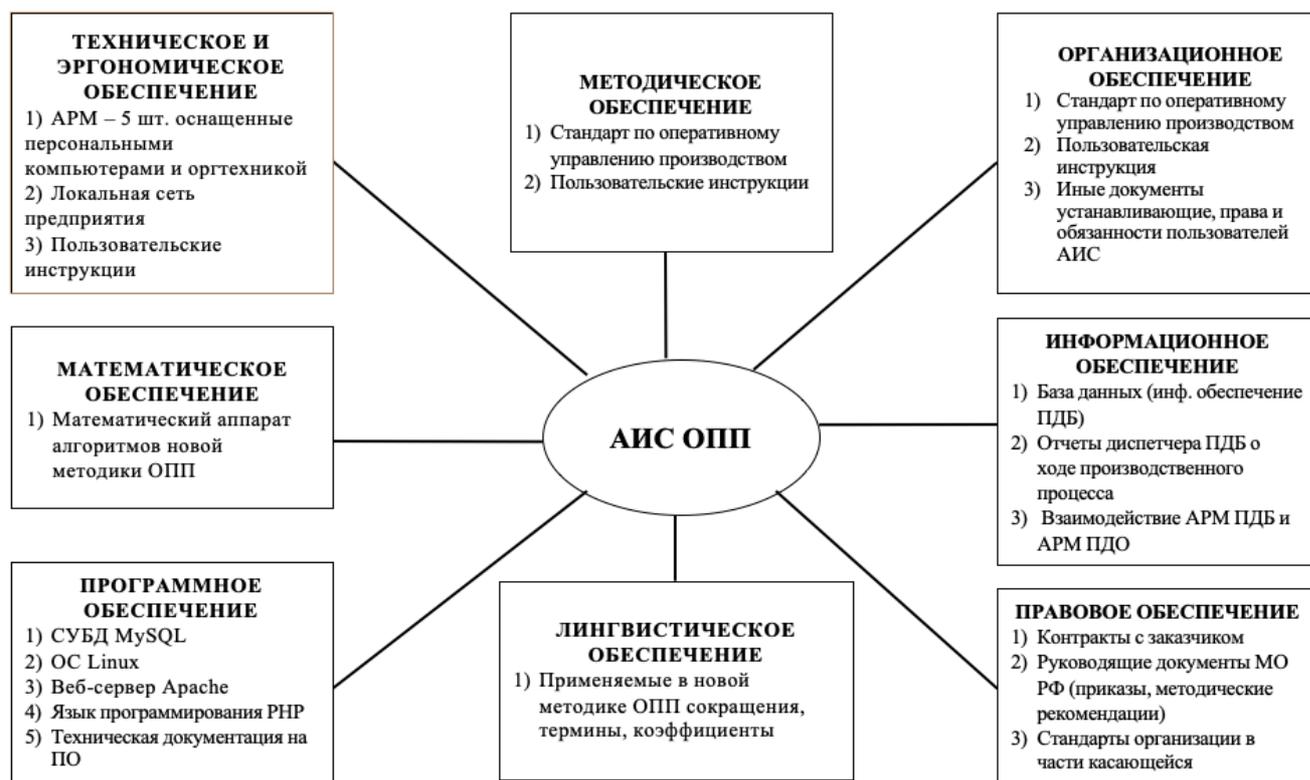


Рисунок 3.9 - Структура АИС ОПП, как совокупность обеспечивающих подсистем

Информационным ядром АИС ОПП является база данных, реляционная модель которой была приведена ранее [93,94]. Для осуществления этапа её физического проектирования выбирается система управления базами данных MySQL, а для создания удобного пользовательского интерфейса выбраны операционная система Linux, веб-сервер Apache и язык программирования PHP. Данный набор серверного программного обеспечения, известный как LAMP, достаточно часто используется разработчиками ввиду своей гибкости, производительности и низкой стоимости.

Теперь рассмотрим организационно-техническую структуру АИС ОПП (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.10 - Организационно-техническая структура АИС ОПП

Для практической реализации всех инструментов новой методики ОПП предлагается ввести три автоматизированных рабочих места (АРМ) в ПДБ производственного подразделения для организации внутрицехового планирования и два АРМ в ПДО предприятия для оперативно-производственного планирования на межцеховом уровне. При этом персонал на каждом рабочем месте выполняет свои функции, согласно алгоритмов методики ОПП, а направления движения информационных потоков показаны в данной структуре стрелками.

Практическое применение новой методики ОПП в форме АИС позволяет свести к минимуму задействованный персонал, ускорить процесс принятия управленческих решений и сократить количество ошибок при осуществлении оперативного управления производственным процессом сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

3.4 Выводы по третьей главе

В третьей главе диссертации представлена реляционная модель базы данных усовершенствованной методики ОПП, которая необходима для применения инструментов и алгоритмов внутрицехового планирования.

Проведен модельный эксперимент по применению усовершенствованной методики ОПП при проведении сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ в местах базирования, который показал, что уровень ритмичности производства возрос в 2,2 раза, а длительность производственного цикла выполнения работ снизилась до 30 календарных дней на 11 из 17 запланированных к обслуживанию изделий, что свидетельствует о целесообразности внедрения усовершенствованной методики ОПП на предприятиях машиностроения.

Результаты применения инструментов усовершенствованной методики ОПП в АО «Рязанское производственно-техническое предприятие «Гранит» показали рост уровня ритмичности производства в 2,1 раза и снижение длительности производственного цикла выполнения работ до 30 календарных дней на 13 из 17 рассмотренных изделий плана-графика работ, что отличается менее чем на 10% от результатов модельного эксперимента. Также выявлены улучшения в области качества выполняемых работ, выраженные в росте среднегодового показателя удовлетворенности потребителя с $Y_k=50\%$ до $Y_k=86,3\%$.

В качестве практического применения усовершенствованной методики ОПП предложена её дальнейшая реализация в виде автоматизированной информационной системы с целью ускорения принятия управленческих решений и снижения роли «человеческого фактора» при осуществлении оперативного управления производственным процессом сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель диссертационного исследования достигнута в результате решения поставленных задач:

1. На основании проведенного анализа процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования сделан вывод, что большинство методик ОПП, применяемых на предприятиях машиностроения, не могут быть использованы для оперативного управления процессом сервисного обслуживания в силу его специфических особенностей (отсутствие норм времени на проведение работ, маршрутных карт технологических процессов и т.д.), а существующая методика ОПП, применяемая в сервисных организациях, не содержит в себе инструментов, позволяющих обеспечить своевременное материально-техническое снабжение работ и исключение неремонтопригодных изделий из план-графика работ на этапе его согласования с заказчиком. Таким образом, для обеспечения ритмичного функционирования производственного процесса существующая методика ОПП сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования нуждается в совершенствовании.

2. Для повышения уровня ритмичности производства сформулирована задача обеспечения минимальной длительности производственного цикла выполнения работ по сервисному обслуживанию. Данный параметр является основным календарно-плановым нормативом производственного процесса, а следовательно, одним из показателей эффективности оперативно-производственного планирования.

3. Разработана математическая модель процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования на основе аппарата сетей Петри. Определены и смоделированы основные проблемные ситуации, препятствующие ритмичному функционированию производства. Полученная модель на практике позволяет проанализировать ход производственного процесса и производственный цикл выполнения сервисного обслуживания по результатам применения инструментов

ОПП, а также позволяет решить задачу обеспечения минимальной длительности производственного цикла выполнения работ.

4. На базе разработанной математической модели процесса сервисного обслуживания ВВТ в местах базирования сформулирована оптимизационная задача, которая обеспечивает прохождение всех стадий процесса с минимальной длительностью производственного цикла, определенной план-графиком работ, согласованным с заказчиком (30 календарных дней). Полученный научный результат на практике позволяет определить ход работ по сервисному обслуживанию при отсутствии проблемных ситуаций, описанных математической моделью производственного процесса, который позволяет вовремя выполнить задачи ГОЗ.

5. Разработана усовершенствованная методика ОПП, в состав которой вошли ранее не применявшиеся алгоритм мониторинга технического состояния ВВТ, позволяющий исключить неремонтопригодные в местах базирования изделия ВВТ на этапе согласования план-графика работ, и алгоритм формирования производственного запаса, необходимый для своевременного материально-технического обеспечения работ. Полученные научные результаты на практике обеспечивают отсутствие убытков предприятия от выезда бригады специалистов на неремонтопригодную в местах базирования технику, значительное повышение уровня ритмичности производства (более чем в 2 раза), снижение длительности производственного цикла выполнения работ на большинстве изделий ВВТ в план-графике (до 30 календарных дней) и улучшение качества выполненных работ.

6. Экспериментально обоснована целесообразность внедрения разработанной методики на предприятиях промышленности. Результаты модельного эксперимента показали увеличение коэффициента ритмичности производства в 2,2 раза (от $K_{ритм}=0,38$ до $K_{ритм}=0,84$), снижение длительности производственного цикла проведения работ на большинстве изделий план-графика (в 2 -10 раз) до 30 календарных дней. При этом после применения инструментов новой методики ОПП в АО «РПТП «Гранит» зафиксировано

увеличение коэффициента ритмичности производства в 2,1 раза и снижение длительности производственного цикла до 30 календарных дней выполнения работ на 13 из 17 изделиях ВВТ план-графика, также на 36,3% возрос качественный показатель удовлетворенности потребителя, достигнут экономический эффект в 1,26 млн. руб. Данные показатели подтверждаются Актом о внедрении результатов диссертационного исследования в АО «РПТП «Гранит» (Приложение 1).

Также инструменты методики ОПП были применены в АО «СМУ ПЭМЗ». Зафиксировано возрастание уровня ритмичности в 2,2 раза, снижение длительности производственного цикла выполнения работ в 2 раза и себестоимости выполняемых работ на 15%. Данные результаты также подтверждаются Актом о внедрении результатов диссертационного исследования в АО «СМУ ПЭМЗ» (Приложение 2).

Расхождение данных модельного эксперимента с результатами внедрения составляют менее 10%, что свидетельствует об эффективности разработанной методики ОПП.

В качестве рекомендаций к практическому применению инструментов ОПП предложена их дальнейшая реализация в виде АИС ОПП. Разработка программного обеспечения, его внедрение на предприятия машиностроения позволят существенно снизить количество ошибок, возникающих по вине человека, а также существенно ускорить процесс принятия управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз научно-технологического развития России: 2030 / под ред. Л.М. Гохберга. – М.: НИУ Высшая школа экономики, 2014. – 244 с.
2. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»: Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 №328 // Собрание законодательства РФ. – 2014. – №18. – Ч. IV. – Ст. 2173.
3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». – 2018. – 19 с.
4. ГОСТ РВ 0101-001-2007 «Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения», М.: Стандартинформ, 2011.
5. ГОСТ Р 15.000-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Основные положения», М.: Стандартинформ, 2019.
6. ГОСТ 25866-83 «Эксплуатация техники. Термины и определения», М.: Издательство стандартов, 1983.
7. ГОСТ 18322-2016 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения», М.: Стандартинформ, 2017.
8. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения», М.: Стандартинформ, 2016.
9. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», М.: Стандартинформ, 2015.
10. Григорьев Л.Ю. Системный подход и оптимизация организаций/ Л.Ю. Григорьев, Д.В. Кудрявцев // Методы менеджмента качества: международный ежемесячный профессиональный журнал для менеджеров по качеству. – 2009. - №8. - С. 7-14.
11. ГОСТ Р 57524 – 2017 «Бережливое производство. Поток создания ценности», М.: Стандартинформ, 2017.

12. Виханский О.С. Менеджмент: учебник. / О.С. Виханский, А.И. Наумов. — 3-е изд. — М.: Экономистъ. 2003.— 528 с: ил.

13. Дьячков М.Е. Сервисное обслуживание вооружения и военной техники как производственная система в сфере услуг/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XXI междунар. науч.-практ. конф. – 2019. - №3 (19). - С. 53-59.

14. Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент) / К.А. Грачева, М.К. Захарова, Л.А. Одинцова и др.; Под ред. Ю.В. Скворцова, Л.А. Некрасова. – М.: Высш. шк. 2003. – 470 с.: ил.

15. ГОСТ Р ИСО 9001 – 2015 «Системы менеджмента качества. Требования», М.: Стандартиформ, 2015.

16. Дьячков М.Е. Оперативно-производственное планирование производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники ПВО/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2020. - №2. - С.46-50.

17. ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники», М.: Стандартиформ, 2012.

18. Новицкий Н.И. Организация производства и управление предприятием: Электронный учебно-методический комплекс для студентов технических специальности БГУИР дневной и заочной форм обучения / Н.И. Новицкий, В.П. Пашуто – Минск. 2007. – 417 с.

19. Ершова И.В. Оперативно-производственное планирование: учебное пособие / И. В. Ершова, Т. А. Минеева, Е. В. Черепанова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. 2016. — 96 с.

20. Назаренко М.А. Разработка методов и средств планирования производственных процессов / М.А. Назаренко, М.М. Фетисова // Организатор производства: теоретический и научно-практический журнал. – 2014. - №4. - С. 26-34.

21. Скорнякова Е.А. Модели и методики планирования производственных процессов приборостроительного предприятия: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.02.22 / Скорнякова Елизавета Алексеевна; науч. рук. В.Ш. Сулаберидзе; СПбГУАП. - 2019. - 140с.
22. Федеральный закон от 29.12.2012 №275-ФЗ «О государственном оборонном заказе»// СЗ РФ. – 2020. - №8. – Ст. 914.
23. Федеральный закон от 18.07.2011 №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц»//СЗ РФ. – 2019. - №52. – Ст.7792.
24. Кобелев П.А. Проблемы функционирования системы сервисного обслуживания вооружения и военной техники/ П.А. Кобелев, М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XXII междунар. науч.-практ. конф. –2019. - №4 (20). – С. 96-101.
25. ГОСТ Р 56020-2014 «Бережливое производство. Основные положения и словарь», М.: Стандартиформ, 2015.
26. Дьячков М.Е. Моделирование производственного процесса при помощи математического аппарата сетей Петри/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XLVI–XLVII междунар. науч.-практ. конф. – 2021. - №3–4 (43). - С. 52-56.
27. Веретельникова Е.Л. Теоретическая информатика. Теория сетей Петри и моделирование систем: учебное пособие – Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2018. – 82 с.
28. Сочнев А.Н. Постановка задачи оптимизации в терминологии сетей Петри// Вестник кибернетики. – 2020. - №1 (37). - С. 85-90.
29. Николаенко В.Ю. Базовый курс системной инженерии: учебное пособие – 2–е изд., перераб. и доп. – М. 2018. – 330 с.
30. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем», М.: Стандартиформ, 2006.
31. Кондратьев В.В. Модельно-ориентированный системный инжиниринг. Курс лекций. – М., 2020.

32. ГОСТ Р ИСО 15704-2008 «Промышленные автоматизированные системы. Требования к стандартным архитектурам и методологиям предприятия», М.: Стандартиформ, 2020.

33. Дьячков М.Е. Построение архитектурной модели методики оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники ПВО с использованием методологии MBSE/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2021. - №1. - С.18-25.

34. Конструктор регулярного менеджмента: Пакет мультимедийных учебных пособий. Поддерживается центрами компетенции / Под ред. В.В. Кондратьева. — М.: ИНФРА-М.- 2011. — 256 с.

35. Калачанов В.Д. Внедрение систем диспетчирования производства на высокотехнологичных предприятиях (на примере предприятий авиастроения) / В.Д. Калачанов, Н.С. Ефимова, А.Н. Новиков, Н.Н. Пронькин // Инновации и инвестиции: научно-аналитический журнал. – 2019. - №3. - С.269-273.

36. Голубь Н.Н. Оперативное управление производством сложной наукоёмкой продукции//Организатор производства: теоретический и научно-практический журнал. – 2012. - №2. - С. 23-28.

37. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. - 1986. – 286 с.

38. Егорова М.А. Сервисное обслуживание изделий военной техники // Менеджмент Вооружение Качество. - 2021. - №4(70). - С. 1-4.

39. Андреев Д.А. Управление операционными процессами операторов сложных систем /Д.А. Андреев, А.Н. Панфилов, А.Н. Скоба // Инженерный вестник Дона: научный журнал. – 2017. - №3.

40. Об утверждении Правил организации сервисного обслуживания вооружения и военной техники: Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 №2138 [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/137890/> (дата обращения: 07.02.2022)

41. Астанин С.В. Управление бизнес-процессами на основе их моделирования нечёткими ситуационными сетями / С.В. Астанин, Н.К. Жуковская // Управление большими системами: сборник трудов. – 2012. - №37. - С.145-163.

42. Целыковских А.А. Концептуальная модель подсистемы мониторинга технического состояния в структуре системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники/ А.А. Целыковских, Т.А. Мосендз, В.А. Дубовский // Вооружение и экономика: научный журнал. – 2019. - №2(48). - С. 36-42.

43. Каныгин А.В. Комплекс методик совершенствования мониторинга качества ВВСТ по результатам эксплуатации в войсках/ А.В. Каныгин, А.А. Степанов, А.В. Степанов, А.Е. Ченцов // Научноёмкие технологии в космических исследованиях Земли: научный журнал. – 2016. - №1. - С. 30-36.

44. Логистика: методические указания для проведения практических занятий/Сост. Е.И. Орлова, Е.Е. Жулябина; Яросл. гос. ун-т, Ярославль. 2003. - 32с

45. Денисова А.Л. Организация коммерческой деятельности: управление запасами: учебное пособие/ А.Л. Денисова, Н.В. Дюженкова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. у-та. 2007. – 80 с.

46. Дьячков М.Е. Распределение трудовых ресурсов при планировании деятельности производственного подразделения в системе сервисного обслуживания вооружения и военной техники/ М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XXX междунар. науч.-практ. конф. – 2019. - №12 (28) Часть 1. – С. 139-144.

47. Пустовой И.В. Разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.02.22

/Пустовой Илья Владимирович; науч. рук. В.Т. Черемисин; ОмГУПС. - 2018. - 181с.

48. Новицкий Н.И. Сетевое планирование и управление производством: учеб. – практ. пособие. – М.: Новое знание. 2004. – 159с.

49. Кушнир Ю.С. Особенности календарного планирования инновационного проекта//Иновации и инвестиции: научно-аналитический журнал. – 2016. - №2. - С. 20-25.

50. Четвергов В.А. Создание модели плана производства на машиностроительном предприятии/ В.А. Четвергов, Н.С. Зинец, М.Е. Дьячков, П.А. Кобелев// Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций: сборник статей VII Международной научно-практической конференции -Пенза: РИО ПГАУ. - 2019. - С. 281-285

51. Кобелев П.А. Процессный подход в системе сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ/ П.А. Кобелев, М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2021. - №2. - С.8-13.

52. Гришко Л.А. Процессный подход в современной практике управления / Л.А. Гришко, Н.Н. Серая // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. - 2018. - №7(33), Т.1. - С.155-159

53. Кобелев П.А. Реферативное описание исследования по разработке методики мониторинга параметров производственного процесса в системе сервисного обслуживания ВВТ ПВО СВ/ П.А. Кобелев, М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Технические науки: проблемы и решения. сб. ст. по материалам XLIX междунар. науч.-практ. конф. - 2021. – №6 (45). - С. 45-51.

54. Криволапов В.Л. Анализ и синтез системы управления техническим состоянием сложных радиоэлектронных систем: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.01/ Криволапов Вадим Леонидович; МАРТИТ. - Москва, 2006. - 31 с.

55. Телишев А.М. Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами подготовки производства новой продукции и их результатами: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.02.22 / Телишев Александр Михайлович; науч. рук. И.Ш. Шарафеев; КНИТУ-КАИ. - Казань, 2018. - 171 с.

56. Кузина С.М. Разработка инструментов планирования процессов подготовки производства на основе имитационного моделирования: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.02.22 / Кузина Светлана Михайловна; науч. рук. В.И. Галкин; МАИ. -Москва, 2019. - 163с.

57. Фаткин А.А. Совершенствование системы оперативно-производственного планирования в условиях многономенклатурного единичного и мелкосерийного производства: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.06 / Фаткин Анатолий Алексеевич; КБ «Арматура». - Владимир, 2004. - 16 с.

58. Шунто В.Н. Автоматизированная система мониторинга состояния ВВСТ частей и подразделений ВКО/ В.Н. Шунто, М.О. Татаров, В.С. Догадов // Техника средств связи. - 2018. - №1(141). - С.278-280.

59. Костров Б.В. Формирование архива электронных дел ремонта в информационной системе сервисного обслуживания ВВСТ/ Б.В. Костров, Н.А. Суменков, Н.В. Лукина, Н.С. Фокина // Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей». - 2019. - №4. - С.67-72.

60. Зарицкий В.Н. Пути совершенствования единой системы комплексного технического обслуживания и ремонта в Вооруженных Силах Российской Федерации / В.Н. Зарицкий, А.С. Турковский //Военная мысль. - 2020. - №2. - С.117-126.

61. Бондарев В.И. Особенности организации технического обслуживания и ремонта инженерной техники в современных условиях/ В.И. Бондарев, В.Ф. Мещеринов, А.В. Баранов // Военная мысль. - 2020. - №6. - С.84-91.

62. Дубровский В.В. Особенности оперативного планирования на предприятии при разных видах производства / В.В. Дубровский, Н.А. Квасова, Е.А. Пузанкова // Инновации и инвестиции. - 2021. - №4. - С. 94-96.

63. Толкачев Н.С. Совершенствования оперативно-календарного планирования, как способ внедрения прогрессивных форм и методов организации производства // Символ науки. - 2020. - №12-1. - С.78-81.

64. Дьячков М.Е. Построение математической модели производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники ПВО СВ в войсковых условиях при помощи аппарата сетей Петри/ М.Е. Дьячков, Р.В. Шевченко // Русский инженер: всероссийский информационно-аналитический и научно-технический журнал. – 2021. - №04 (73). - С.33-36.

65. Дьячков М.Е. Мониторинг технического состояния ВВТ как необходимая составляющая процесса оперативно-производственного планирования производственного процесса сервисного обслуживания ВВТ в войсковых условиях//Сборник тезисов докладов VI научно-технической конференции «Математическое моделирование, инженерные расчёты и программное обеспечение для решения задач ВКО», 2021. [Электронная версия]. 1,5 Мб.

66. Дуболазов В.А. Система оперативного контроля регулирования производственных процессов на машиностроительных предприятиях/ В.А. Дуболазов, З.Л. Симакова // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. - 2022. - №1, Т.2. - С.45-53.

67. Коган Ю.Г. Модифицированная раскрашенная сеть Петри: метод и средство имитационного моделирования/ Ю.Г. Коган, К.В. Пителинский, А.А. Щербина // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2021. - №1. - С.26-31.

68. Дорошенко М.В. Процессный подход в управлении предприятием как фактор повышения его экономической устойчивости/ М.В. Дорошенко, И.А. Кудряшова // Мир экономики и управления. - 2020. - №1, т.20. - С. 68-85.

69. Комаров В.Н. Моделирование системы мониторинга и анализа информации электронных СМИ методами модельно-ориентированного системного инжиниринга / В.Н. Комаров, С.М. Рощин // Вестник ЮУрГУ. - 2021. - №1, т.21. - С.12-22

70. Кудрявцев Д. В. Технологии бизнес-инжиниринга: учеб. пособие / Д. В. Кудрявцев, М. Ю. Арзуманян, Л. Ю. Григорьев. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. — 427 с.

71. Сочнев А.Н. Планирование ресурсов производства на основе сетевых моделей // Управление большими системами. - 2020. - №86. - С.116-131.

72. Сочнев А.Н. Оптимизация сборочного производства на основе имитации сетей Петри // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2021. - №2. - С.133-146.

73. Звягин Д.С. Алгоритм построения дерева достижимости для стохастических сетей Петри // Вестник ВГТУ. - 2020. - №6, т.16. - С. 34-40.

74. Волошко А.Г. Методы моделирования и анализа производственных процессов для разработки стратегии модернизации предприятия / А.Г. Волошко, А.Н. Ивутин, О.С. Крюков // Известия ТулГУ. - 2020. - №12. - С. 36-44.

75. Халекеева З.П. Эффективное управление товарно-материальными запасами акционерных обществ // Наука и образование: научный журнал. - 2022. - №3(4). - С.1862 - 1870.

76. Экономический анализ : учебное пособие/ автор-сост. Л. В. Земцова. — Томск : Эль Контент, 2013. — 234 с.

77. Халимон, В.И. Базы данных: учебное пособие / В.И. Халимон, Г.А. Мамаева, А.Ю. Рогов, В.Н. Чепикова - С-Пб.: СПбГТИ(ТУ). 2017. – 118 с.

78. ГОСТ 34.321-96 «Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными», М.: Стандартинформ, 2018.

79. Зафиевский А. В. Базы данных: учебное пособие / А. В. Зафиевский, А.А. Короткин, А. Н. Лататуев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ. 2012. – 164 с.

80. SQL — язык реляционных баз данных: учебное пособие / В. Ю. Кара-Ушанов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2016. — 156 с.

81. Попова - Коварцева Д.А. Основы проектирования баз данных: учеб. пособие / Д.А. Попова- Коварцева, Е.В. Сопченко. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 112 с.: ил.

82. Модель «Сущность - связь»: учебное пособие/ В. Ю. Кара-Ушанов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 63 с.

83. Проектирование реляционных баз данных: Метод. указания к курсовому проектированию по курсу "Базы данных" / Московский государственный институт электроники и математики; Сост.: И.П. Карпова. – М., 2010. – 32 с.

84. ГОСТ 34.602 - 2020 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы», М: Российский институт стандартизации, 2021

85. ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения», М: Стандартинформ, 2009

86. ГОСТ 34.601 - 90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания», М: Стандартинформ, 2009

87. M. Pinedo, N. Zhu Scheduling in the service industries: an overview//Journal of system science and system engineering. - 2015, pp.1-48

88. O. Elmardi, K.Bukkur A review for dynamic scheduling in manufacturing//International journal of engineering applied sciences and technology. - 2018. №3 (5). Pp. 5-17

89. Плескунов М.А. Задачи сетевого планирования: учебное пособие/ Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2014. – 92 с.

90. Теория организации: учебное пособие / Л.С.Ружанская, А.А.Яшин, Ю.В. Солдатова ; под общ. ред. Л. С. Ружанской. — Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2015. — 200 с.

91. R. Bock, W. Holstein Production planning and control: text and readings/Charles E. Merrill books, inc. Columbus, OHIO, 2013.

92. Коцюба И.Ю. Основы проектирования информационных систем. Учебное пособие / И.Ю. Коцюба, А.В. Чунаев, А.Н. Шиков – СПб: Университет ИТМО, 2015 – 206 с.

93. Хахаев И.А. Информационные таможенные технологии: учеб. пособие. / СПб: НИУ ИТМО, 2014 – 122 с.

94. Проектирование информационных систем. Практикум: Учебное пособие/ В.И. Грекул, Н.Л. Коровкина, Ю.В. Куприянов — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2012 — 187 с.

95. Ульман Дж. Основы систем баз данных/Дж. Ульман, М: Финансы и статистика, 2013. - 334 с.

96. Организация производства и управление предприятием: учебник под редакцией О.Г. Туровца. И.: ИНФРА_М, 2004

97. Обоснование ресурсного обеспечения предприятий технического сервиса АПК : учеб. пособие / М. И. Чеботарёв, С. А. Дмитриев, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2017 – 97 с.

98. Панов К.В. Повышение эффективности функционирования локомотиворемонтных предприятий за счёт применения гибких форм организации производства: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.02.22 / Панов Кирилл Вячеславович; науч.рук. А.П. Буйносов; УрГУПС. - Екатеринбург, 2019. - 154с.

99. Буйносов А.П. Ремонт подвижного состава и проектирование депо: учебно-методическое пособие – Екатеринбург: УрГУПС, 2017 – 68с.

100. Организационно-производственные структуры транспорта: курс лекций/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.М. Хорьякова. Курск, 2021, 81с.

101. Мирук К.В., Купреев Д.В. Стратегия сервисного обслуживания [Электронный ресурс]//Режим доступа: <http://akim.gov.vko.ru/konserpcii/strategiya-servisnogo-obsluzhivaniya> (дата обращения: 20.02.2023)

102. Дьячков М.Е. Применение инструмента мониторинга технического

состояния изделий вооружения и военной техники при планировании работ по сервисному обслуживанию в местах базирования // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2022. - №3. - С.28-32.

103. Дьячков М.Е. Методика формирования производственного запаса как инструмент поддержания ритмичного функционирования производственного процесса сервисного обслуживания вооружения и военной техники в местах базирования // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотраслевой научно-технический журнал. – 2022. - №4. - С.19-21.

104. Дьячков М.Е. Повышение эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания вооружения и военной техники в местах базирования // Сборник докладов IV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении». Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. 470 с.

105. Дьячков М.Е. Повышение эффективности процесса оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания вооружения и военной техники в местах базирования // Известия Тульского государственного университета: научное издание - 2023. - №4. - С. 440-447.

106. ГОСТ РВ 0028–001–2020 «Система технического обслуживания и ремонта военной техники. Сервисное обслуживание. Основные положения», М: Стандартиформ, 2021

107. Васин С.А., Дьячков М.Е. Разработка математической модели процесса диспетчирования работ по сервисному обслуживанию вооружения и военной техники в местах базирования при помощи аппарата нечётких ситуационных сетей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2023. - №7. – С. 215-221.

108. Васин С.А., Дьячков М.Е. Анализ обеспечения трудовыми ресурсами как неотъемлемая часть оперативно-производственного планирования сервисного обслуживания вооружения и военной техники в местах базирования// Известия

Тулского государственного университета. Технические науки. - 2023. - №7. – С. 190-193.

109. Махитько В.П. Имитационное моделирование в мелкосерийном производстве / В.П. Махитько, И.Н. Хаймович, А.С. Клентак // Вестник Самарского муниципального института управления. - 2019. - №3. - С. 17-25.

110. Рамзаев В.М. Организационно-экономическое моделирование системы управления цехом на машиностроительном предприятии / В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович // Вестник Самарского муниципального института управления. - 2020. -№3. - С. 59-71.

Приложение 1

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора - заместитель
генерального
директора по производству
АО «РПТТ «Гранит»

 С.В. Курильчик

07 02 2023г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертационного исследования Дьячкова Максима Евгеньевича «Совершенствование оперативно-производственного планирования процесса сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования» применяются в АО «Рязанское производственно-техническое предприятие «Гранит» для оперативного управления производственным процессом сервисного обслуживания ВВТ в местах дислокации.

В частности, в процессе оперативно-производственного планирования успешно применяются алгоритмы формирования производственного запаса предприятия и мониторинга технического состояния изделий ВВТ.

Применение данных инструментов привело к возрастанию уровня ритмичности производства в 2,1 раза, снижению длительности производственного цикла проведения работ в 2-10 раз на 75% запланированных к обслуживанию изделий ВВТ и увеличению среднегодового качественного показателя удовлетворенности потребителя более чем на 36%. С экономической точки зрения это повлекло снижение уровня незавершенного производства и увеличению товарного выпуска продукции на 75% в сроки, согласованные с заказчиком. Также в результате применения инструмента мониторинга технического состояния ВВТ сохранено 1260000 (Один миллион двести шестьдесят тысяч) руб. собственных средств предприятия, которые могли бы быть затрачены на командирование бригады специалистов на неремонтопригодные в местах базирования образцы ВВТ.

Начальник управления планирования и
организации исполнения заказов АО «РПТТ «Гранит»



А.В. Емельянов

Бухгалтер – экономист 2 категории



А.В. Пантелеева

Приложение 2

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального
директора по наземным средствам
АО «СМУ ПЭМЗ»
Мельников
2023г.



АКТ о внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертационного исследования Дьячкова Максима Евгеньевича «Совершенствование оперативно-производственного планирования процесса сервисного обслуживания продукции оборонно-промышленного комплекса в местах базирования» применяются в АО «Специальное монтажное управление подольский электромеханический завод» для организации, планирования и контроля выполнения работ по сервисному обслуживанию вооружения и военной техники, находящейся в местах постоянной и временной дислокации.

На основе представленных в работе алгоритмов был сформирован производственный запас наиболее востребованных запасных частей и материалов, что в конечном итоге позволило в среднем в два раза сократить время проведения работ в местах дислокации техники.

Руководствуясь разработанными алгоритмом мониторинга технического состояния ВВТ и реляционной моделью базы данных, была создана собственная база данных ремонтируемых объектов, которая позволила формировать более точные календарные планы проводимых работ, а также улучшило результативность финансово-экономического планирования на предприятии.

Применение инструментов оперативно-производственного планирования привело к возрастанию уровня ритмичности производства в среднем в 2,2 раза, снижению длительности производственного цикла проведения работ в 2 раза. В результате на 15% снизилась себестоимость выполняемых работ за счет снижения доли расходов на командирование специалистов к местам проведения сервисного обслуживания.

Начальник финансово-экономического
отдела АО «СМУ ПЭМЗ»



Е.В. Борисова