

На правах рукописи



Антонов Андрей Валентинович

**Организация системы сохранения качества продукции оборонно-
промышленного комплекса
в условиях региональной эксплуатации**

Специальность 05.02.22 – Организация производства (машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2022 год

Работа выполнена в автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования «Научно-образовательный центр воздушно-космической обороны «Алмаз - Антей» им. академика В.П. Ефремова»

Научный руководитель: **Бром Алла Ефимовна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Антипов Дмитрий Вячеславович**
Доктор технических наук, доцент
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва», заведующий кафедрой «Производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении»

Пантиухин Олег Викторович
Доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», профессор кафедры «Технологические системы пищевых, полиграфических и упаковочных производств»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»

Защита состоится «___» _____ 2022г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 212.141.23 при Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5 стр.1.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим выслать по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и на сайте www.bmstu.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
к.т.н.

Юсуп

Е.С. Постникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Организации и предприятия обороно-промышленного комплекса (ОПК) России активно взаимодействуют с региональными заказчиками, поставляя и обеспечивая сопровождение машиностроительной продукции (МП) на постпродажных стадиях жизненного цикла. Обеспечение качества продукции ОПК на всех стадиях жизненного цикла, включая сохранение качества на стадиях эксплуатации потребителем, регламентируется общетехническими комплексами стандартов. Качество МП при её разработке и производстве эффективно обеспечивается системами менеджмента качества (СМК) организаций-разработчиков и предприятий-изготовителей.

Но обеспечение качества продукции при эксплуатации требует взаимодействия с заказчиками и сервисными центрами, обслуживающими изделия. Совместная деятельность поставщиков продукции, заказчиков и центров технического обслуживания является основой создания системы сохранения качества (ССК) МП. В рамках ССК должно обеспечиваться сохранение качества продукции – то есть поддержание её функциональных свойств с достижением заданных значений эксплуатационно-технических показателей на всем сроке эксплуатации. Это обеспечивается мероприятиями в ССК по диагностике состояния изделий и восстановлению ресурса в случае обнаружения явных/потенциальных отказов. В качестве основных показателей используют комплексные коэффициенты готовности и технического использования.

Так как организация взаимодействия участников может иметь разные формы, и возможности заказчиков по обеспечению технического обслуживания сильно отличаются по регионам, то возможны различные стратегии организации ССК МП, что приводит к проблеме выбора наиболее эффективной конкретно для поставляемого вида изделий и данного региона эксплуатации.

В настоящее время каждый поставщик решает задачи постпродажного обслуживания своей продукции у потребителей по-своему, пытаясь одновременно учитывать как особенности изделий, так и региональную специфику эксплуатанта. Негативное влияние на сохранение качества изделий после поставки оказывает несоответствующий уровень компетентности эксплуатирующего и обслуживающего персонала у заказчиков и передача функций обслуживания на аутсорсинг с привлечением национальных компаний, часто не имеющих соответствующей подготовки. Это приводит к ошибкам в оценке технического состояния изделий, претензиям к поставщику по их качеству, а в итоге снижает конкурентоспособность российской МП на международных рынках, что приводит к снижению числа контрактов на поставку и недозагрузке производственных мощностей российских предприятий ОПК.

Вышесказанное свидетельствует об актуальности системного подхода и необходимости разработки основ создания ССК продукции ОПК продукции на этапе эксплуатации с учетом особенностей региона поставки и организации постпродажного обслуживания у заказчиков.

Область исследований диссертации соответствует пунктам 1 и 5 паспорта специальности 05.02.22:

1. Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.
2. Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем. Повышение качества и конкурентоспособности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции. Системы качества и экологичности предприятий.

Цель работы – разработка модели контроля процессов сохранения качества продукции ОПК при эксплуатации и метода выбора стратегии организации ССК, учитывающих региональные факторы организации работ по техническому обслуживанию изделий и обеспечивающих повышение качества организации постпродажных процессов.

Задачи исследования

1. Анализ современного состояния организации работ по постпродажному обслуживанию продукции ОПК на территории региональных заказчиков.
2. Исследование структуры и процессов системы сохранения качества (ССК) продукции с выделением функций и требуемых результатов по уровням управления.
3. Формирование стратегий организации ССК МП при региональной эксплуатации на основе метода морфологического анализа.
4. Моделирование процессов сохранения качества продукции с учетом стохастичности диагностики определения технического состояния изделий заказчиком/эксплуатантом.
5. Разработка метода выбора стратегии организации ССК на основе построения интегрального показателя качества организационного обеспечения эксплуатации и создания программного обеспечения для его расчета.
6. Оценка прогнозных технико-экономических аспектов результатов внедрения по основным стратегиям организации ССК продукции ОПК.

Научная новизна работы.

1. На основе исследования структуры и процессов системы ССК продукции обосновано организационное решение по выделению стратеги-

ческого, тактического и операционно-производственного уровней управления ССК с выделением функций и требуемых результатов по их выполнению участниками ССК.

2. Разработан подход к формированию стратегий организации ССК продукции ОПК на основе построения морфологического ящика, включающего параметры различных организационных форм взаимодействия поставщика и заказчика по сохранению качества продукции, и создана система сбалансированных показателей, в отличие от существующих учитывающая ресурсное и организационное обеспечение и условия эксплуатации в регионе.

3. Построена модель сохранения качества продукции на постпродажном этапе с учетом процессов работы, диагностики и восстановления изделий; в отличие от существующих, разработанная модель позволит контролировать работы по сервисному обслуживанию и сохранению качества эксплуатируемых изделий в части обеспечения требуемых показателей технического использования и готовности к работе.

4. Разработан метод выбора стратегии организации ССК, включающий интегральный показатель качества организационного обеспечения эксплуатации, алгоритм и программное обеспечение; метод позволяет оценить стратегии сохранения качества продукции и выбрать вариант для создания ССК с учетом региональной специфики заказчика; в отличие от существующих, в методе используется мультипликативная свертка с учетом разнонаправленности показателей процессов технического обслуживания и логистики на максимизацию/минимизацию результата.

Положения, выносимые на защиту:

- Подход к формированию набора стратегий организации ССК продукции при региональной эксплуатации на основе построения морфологического ящика и разработанная система сбалансированных показателей для оценки результатов и перспектив развития ССК.

- Модель замкнутого контура марковского процесса сохранения качества продукции с учетом допускаемых ошибок в оценке технического состояния изделий при проведении диагностики региональным сервисным центром заказчика.

- Метод выбора стратегии организации ССК, основанный на построении интегрального показателя качества организационного обеспечения эксплуатации с обоснованием мультипликативной свертки разнохарактерных единичных показателей организации процессов технического обслуживания и логистики в регионе эксплуатации.

Практическая ценность работы заключается в формировании типовых стратегий ССК, учитывающих различные организационные факторы и формы взаимодействия поставщика и регионального заказчика, а также в модели эксплуатации, позволяющей контролировать работы по постпродажному

обслуживанию продукции для обеспечения требуемых показателей технического использования и готовности к работе и оценивать достоверность данных диагностики при фактическом контроле со стороны поставщика, что позволяет создать модуль онлайн-аудита состояния изделий, эксплуатируемых в региональных условиях заказчиков.

Степень достоверности и аprobация результатов. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждена аprobацией и результатами практической реализации результатов работы.

Результаты работы, подтвержденные актами внедрения, использованы концерном «Алмаз-Антей» в процессах системы менеджмента качества по техническому сопровождению и послепродажному обслуживанию продукции на территории заказчиков; АО ИЭМЗ «Купол» в организации деятельности по сохранению качества поставляемой МП на территории региональных заказчиков; в АО «ФНПЦ «ННИИРТ» для оценки деятельности организаций-поставщиков МП и сервисных компаний региональных заказчиков в части контроля и обеспечения выполнения технико-экономических показателей эксплуатации.

Аprobация работы

Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 5-ти Международных конференциях, включая Международные конференции «Intermatic» 2018, «ИТ-Стандарт 2020», «Радиоинфоком-2019-2021».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 6 — в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, авторский вклад 2,3 п.л.)

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определены направление и объект исследования, сформулированы цель и задачи исследования, а также основные положения, составляющие научную новизну и практическую значимость работы.

Первая глава диссертации «Современное состояние работ по сохранению качества продукции на территории региональных заказчиков» посвящена анализу существующих стандартов в части обеспечения качества послепродажного обслуживания изделий, выпускаемых предприятиями ОПК, и особенностям организации и проведения работ по сервисному обслуживанию на территории региональных заказчиков.

Документированные процедуры, регламентирующие выполнение сервисного обслуживания изделий ОПК, поставляемых государственному заказчику, не представляется возможным распространить на региональ-

ных потребителей из-за особенностей взаимодействия, обусловленных спецификой организации этих процессов по месту эксплуатации.

Проблемы и особенности послепродажного обслуживания продукции у региональных заказчиков решаются каждой организацией отдельно при заключении контрактов на поставку и обслуживание продукции. Это, как правило, не даёт возможности для последующего использования полученного опыта в организации взаимодействия с другими заказчиками.

В процессе анализа были выделены основные для большинства российских поставщиков продукции ОПК проблемы обеспечении качества эксплуатируемых на территории других регионов изделий:

- отсутствие единого системного подхода к решению задач по сохранению качества продукции в эксплуатации, что снижает эффективность организации взаимодействия с потребителями и центрами послепродажного обслуживания;
- отсутствие мониторинга технического состояния эксплуатируемой продукции и неудовлетворительное состояние эксплуатационной документации у эксплуатантов;
- низкое качество диагностических и профилактических работ, неэффективность технической поддержки изделий, осуществляющей эксплуатантами, в целом;
- отсутствие высокой квалификации и компетентности у персонала, участвующего в сервисном обслуживании изделий.

В результате это приводит следующим негативным последствиям:

- неквалифицированный ремонт изделий, и как следствие, рост скрытых отказов при эксплуатации;
- увеличение времени неработоспособности техники по причине простоев, не связанных с проведением регламентных работ по обслуживанию;
- снижению надежности российской техники, ухудшению её имиджа и конкурентоспособности.

Результаты анализа нормативной базы по проведению работ по сервисному обслуживанию на территории региональных заказчиков подтвердили необходимость системного подхода к организации процессов по сохранению качества, реализуемого через создание системы сохранения качества (ССК) продукции при эксплуатации.

В первой главе были проанализированы результаты, которые должна обеспечивать ССК для исключения выше обозначенных проблем; это позволило систематизировать функции ССК по уровням управления – стратегический, тактический, операционно-производственный.

Основное назначение ССК - постоянное поддержание достигнутого при создании продукции ОПК уровня качества при последующей её эксплуатации и применении региональными заказчиками на основе организации информационного и технического взаимодействия участников. Это достига-

ется посредством качественного выполнения каждым из участников ССК собственных процессов, особенно эксплуатантами и сервисными центрами в части технического обслуживания изделий.

Во второй главе «Исследование и разработка основ организации системы сохранения качества продукции ОПК при эксплуатации региональными заказчиками» исследованы элементы организационной структуры ССК и процессы, реализуемые поставщиками продукции, заказчиками/потребителями и сервисными центрами; разработана система сбалансированных показателей для оценки результатов работы ССК, обоснован подход к формированию стратегий организации ССК продукции, построена модель процесса эксплуатации продукции с учетом допускаемых ошибок в оценке технического состояния изделий, проведена апробация модели для конкретного изделия ОПК и анализ полученных результатов.

Разнородные виды продукции ОПК и способы выполнения работ по сохранению качества, различные зоны ответственности персонала приводят к появлению разных форм организационного взаимодействия в ССК, что отражается и в технологиях управления взаимодействием, и возможных целях ССК. В результате поставщики решают задачи сохранения качества своей продукции у потребителей по-своему.

Множество вариантов организационного взаимодействия в ССК приводит к необходимости их упорядочивания в виде набора стратегий, который создаст единую основу для планирования процессов сохранения качества продукции. С этой целью и для выбора наиболее предпочтительной стратегии ССК в диссертации было предложено и обосновано применение метода морфологического анализа, предложенного Ф. Цвикки для поиска новых технических решений.

В основе этого метода лежит определение параметров P_j , представляющих собой классификационные признаки исследуемой системы, где j - номер параметра, $j = 1, \dots, n$, и формирование значений P_j^i этих параметров в виде строки матрицы, где i - номер значения j -го параметра, $i = 1, \dots, m$. В табличной форме, называемой морфологический ящик, формируются наборы различных значений P_j^i из разных строк, где каждый набор будет описывать один из вариантов создания ССК продукции при эксплуатации. В диссертации были систематизированы возможные значения параметров по каждому классификационному признаку и построен морфологический ящик для выбора стратегии создания ССК продукции при эксплуатации (Таблица 1).

Таблица 1
Морфологический ящик для выбора стратегии

Параметры - классификационные признаки стратегии		Значения параметров					
A_j	Цели ССК эксплуатации	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	
B_j	Вид поставляемой и обслуживаемой у инозаказчика продукции (изделий, систем, комплексов)	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
C_j	Заказчики/ эксплуатанты продукции	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
D_j	Источник финансирования деятельности по сохранению качества эксплуатации	D_1	D_2	D_3	D_4		
E_j	Элементы организационной структуры ССК	E_1	E_2	E_3			
F_j	Способы выполнения работ по сохранению качества продукции	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
G_j	Методы управления ССК	G_1	G_2	G_3			
H_j	Эффективность ССК	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	
I_j	Персонал	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
K_j	Технология управления взаимодействием участников системы	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6

Для оценки результатов работы ССК, созданной в соответствии с выбранной стратегией, была разработана система сбалансированных показателей (ССП), представленная в Таблице 2 в виде четырех основных блоков, позволяющих оценить цели, ресурсы, условия эксплуатации и перспективы развития ССК.

В современных реалиях складывается ситуация, когда российские производители вынуждены доверять проведение мероприятий по сохранению качества продукции при эксплуатации удаленным сервисным центрам на территории заказчика, принимая все риски, связанные со спецификой региона. В результате это порождает ситуацию, когда изделия эксплуатируются практически в автономном режиме, и все процессы по оценке состояния и диагностике проводятся силами заказчика, без участия специалистов российской организации-поставщика.

С точки зрения моделирования, процессы эксплуатации продукции с включением удаленных сервисных центров рассматриваются как замкнутые, и моделируются как многоканальная замкнутая система с ожиданием, где потоки требований пуассоновские. Если такая система имеет низкий коэффициент загрузки, это свидетельствует, что она полностью

справляется с заявками на обслуживание – то есть делается вывод, что сервисный центр работает эффективно.

Таблица 2

Система сбалансированных показателей (ССП)

<p>1. Оптимизация совокупной стоимости ЖЦ изделий и минимизация затрат на обеспечение эксплуатации основных участников ССК: поставщика, заказчика-эксплуатанта и сервисного центра.</p>	<p>3. Ресурсное и организационное обеспечение эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> -организация процессов ТОиР; -уровень развития логистической инфраструктуры в регионе; -организация сервисной поддержки для инозаказчика.
<p>2. Специфика инозаказчика и условия эксплуатации в регионе:</p> <ul style="list-style-type: none"> -географические, климатические, национальные особенности; -уровень квалификации персонала; -уровень развития ИТ в регионе; -организация информационной инфраструктуры в регионе; -наличие транспортной инфраструктуры в регионе; -режимы, нагрузки, интенсивность эксплуатации и т.д. 	<p>4. Направления развития ССК продукции в соответствии с требованиями и региональной спецификой эксплуатации у инозаказчика:</p> <ul style="list-style-type: none"> -обеспечение работоспособности и надежности продукции на всем протяжении ЖЦ; -развитие виртуальных сервисов поддержки эксплуатации; -разработка систем контроля качества эксплуатации.

Но, с другой стороны, количество обработанных заявок в сервисном центре – это всего лишь количественный показатель, который никак не говорит о качестве проведения работ по диагностике, профилактике и восстановлению. Ошибочные выводы о состоянии изделий приводят к их выводу из эксплуатации, предъявлению претензий к поставщику о снижении надежности изделий в эксплуатации, а в конечном итоге – непродуктивным расходам на командировки специалистов по ремонту, снижению объемов поставок и репутационным потерям.

В диссертации была разработана модель процессов сохранения качества продукции с учетом стохастичности диагностики определения технического состояния изделий заказчиком-эксплуатантом. В эксплуатации изделий были выделены процессы, обеспечивающие сохранение качества – диагностика и ремонт, что позволило разделить эксплуатацию на три основные составляющие:

- выполнение изделиями назначенных задач эксплуатации;
- диагностика состояния продукции и техническое обслуживание;
- ремонт и восстановление ресурса.

Для изделий ОПК характерно, что диагностика их состояния проводится на постоянной основе вне зависимости, находится ли изделие на данный момент в работоспособном состоянии или нет. Такой периодический контроль позволяет обнаружить скрытые отказы в отличие от явных отказов, которые непосредственно определяются в момент их возникнове-

ния. В условиях диагностики возможно появление ошибок двух видов:

- ошибка I рода, когда работоспособное изделие снимают с эксплуатации и отправляют на восстановление, вероятность появления этой ошибки α ;

- ошибка II рода, обусловленная ошибкой диагностики неработоспособного состояния (скрытый отказ не обнаружен), изделие не отправляют на восстановление, а данный отказ может быть обнаружен при следующей диагностике или перейдет в явный отказ; вероятность появления этой ошибки β .

Перечислим состояния процесса эксплуатации изделия:

S_1 - работоспособное состояние изделия;

S_2 - неработоспособное состояние изделия;

S_3 - диагностика изделия, находящегося в работоспособном состоянии;

S_4 - диагностика изделия, находящегося в неработоспособном состоянии;

S_5 - восстановление технического ресурса изделия.

Введем следующие интенсивности:

$\lambda_{явл}$ - интенсивность потока явных отказов, шт/час;

$\lambda_{скр}$ - интенсивность потока скрытых отказов, шт/час;

$\mu_{нач.}$ - интенсивность начала диагностики, шт/час;

$\mu_{оконч.}$ - интенсивность окончания диагностики, шт/час;

$\mu_{восст.}$ - интенсивность окончания восстановления технического ресурса, шт/час.

Граф состояний марковского процесса эксплуатации в условиях вероятности ошибок диагностики технического состояния приведен на рис.1.

В качестве главных характеристик качества эксплуатации предлагаются использовать коэффициенты технического использования $K_{т.и.}$ и коэффициент готовности K_Γ .

В результате моделирования были найдены формулы для определения коэффициента технического использования $K_{т.и.}$ и коэффициента готовности K_Γ :

$$K_{т.и.} = \frac{1/\lambda + \alpha\mu_{нач.}}{1/\mu_{восст.} + \lambda + (1-\beta)\mu_{нач.}/[\lambda_{явл.} + (1-\beta)\mu_{нач.}](\lambda + \alpha\mu_{нач.})},$$

$$K_\Gamma = \frac{\lambda_{явл.} + (1-\beta)\mu_{нач.}}{\lambda_{явл.} + \lambda_{скр.} + (1-\beta)\mu_{нач.}}.$$

Апробация модели проводилась для комплекса СК-801, входные данные для моделирования представлены в Таблице 3.

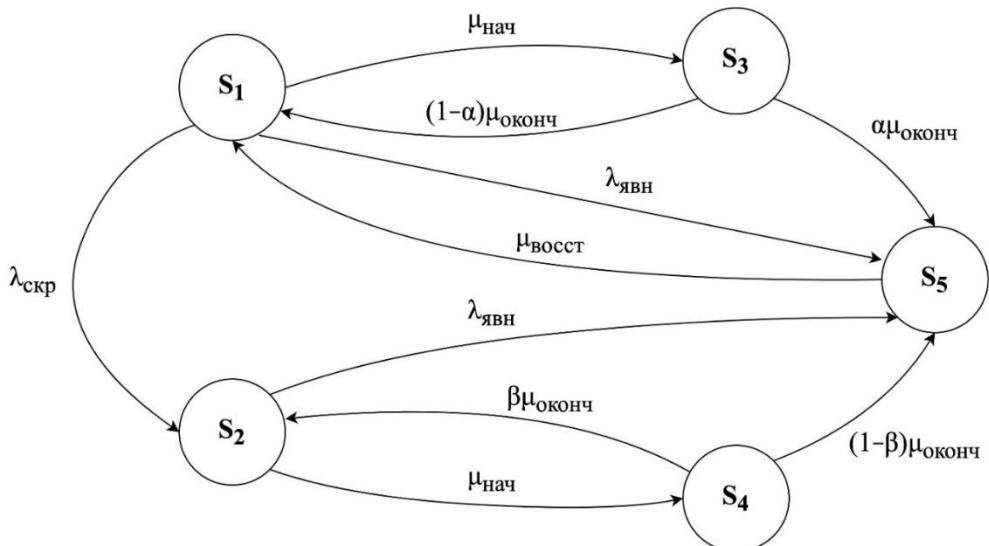


Рис.1. Граф состояний марковского процесса эксплуатации

Таблица 3

Входные для моделирования процессов эксплуатации комплекса СК-801

$\lambda_{скр}$ - интенсивность потока скрытых отказов (не выявляются при тестировке на стенде; выявляются при следующем ТО или переходят в разряд явных отказов)	10^{-3} ед/час
$\lambda_{явн}$ - интенсивность потока явных отказов (обнаруживаются в процессе эксплуатации/ на тестировочном стенде)	0,004 ед/час
$\mu_{нач.}$ - интенсивность начала диагностики; (интенсивность между началами работ по диагностике)	0,13 ед/час
$\mu_{восст.}$ - интенсивность окончания восстановления технического ресурса; (интенсивность потока восстановленных изделий)	0,04 ед/час
$\mu_{оконч.}$ - интенсивность окончания диагностики; (интенсивность потока изделий после проведения диагностики)	0,9 1ед/час

Для различных значений α и β рассчитывались значения коэффициента готовности и коэффициента технического использования. Графики на Рис.2. наглядно иллюстрируют, что значение $K_{т.и.}$ значительно уменьшается в зависимости от ошибочного определения состояния технического ресурса изделий в отличие от коэффициента готовности $K_{Г}$.

Таким образом, был сделан вывод, что коэффициент готовности не отражает стохастики в определении эксплуатантами диагностики состояния изделий, хотя практика свидетельствует, что такие ошибки случаются довольно часто, заказчики выставляют претензии к поставщикам и вызывают специалистов для проведения ремонтного обслуживания. Разработанная модель может использоваться для обоснования включения в кон-

тракт на поставку продукции ОПК иностранным заказчикам коэффициента технического использования $K_{\text{т.и.}}$ и создания модуля онлайн-аудита состояния изделий, диагностируемых региональными центрами сервисной поддержки.

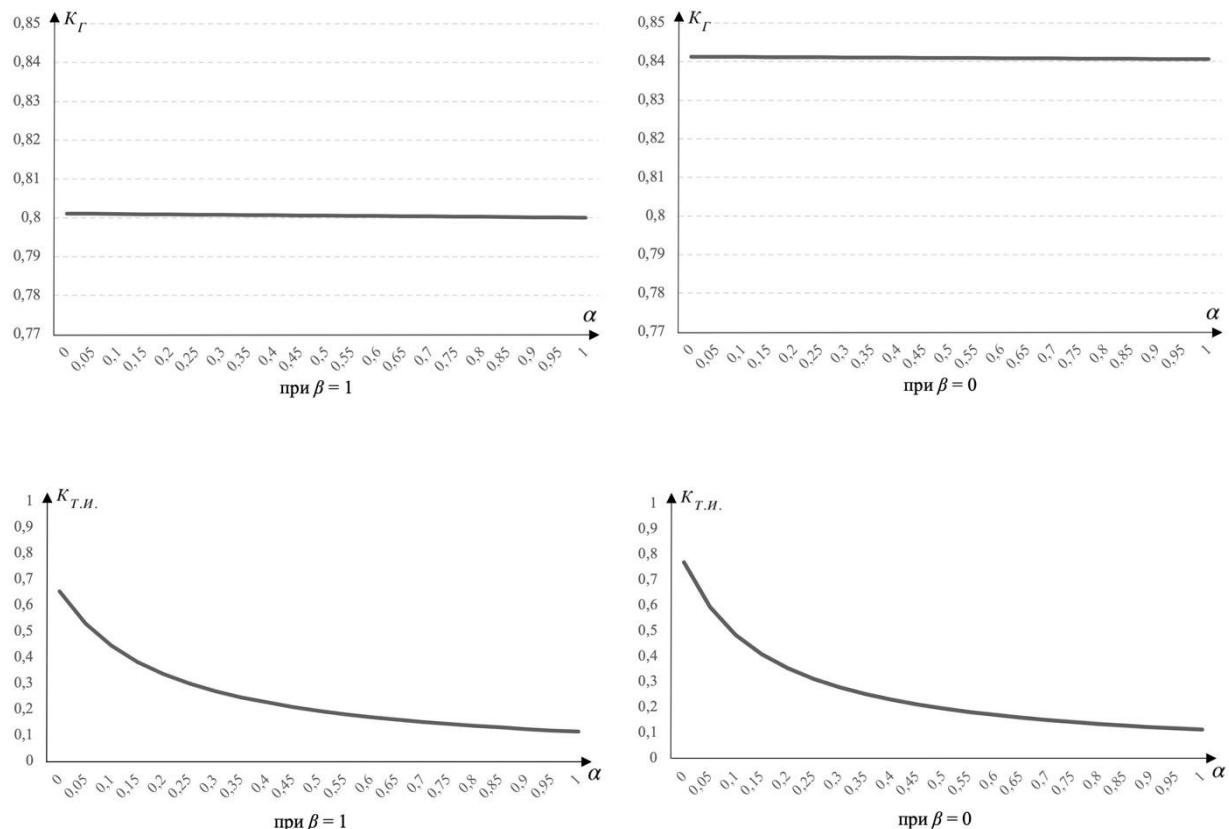


Рис.2 Графики зависимости коэффициентов $K_{\text{т.и.}}$ и K_G от ошибочного определения состояния технического ресурса изделий

В третьей главе «Разработка метода выбора стратегии организации ССК продукции» разработана иерархическая структура показателей организационного обеспечения эксплуатации, интегральный показатель качества организационного обеспечения эксплуатации и алгоритм для его расчета, проведена оценка технико-экономических аспектов основных стратегий сохранения качества эксплуатируемой продукции на примере конкретного изделия и обоснован выбор варианта создания ССК.

В диссертации был разработан метод выбора стратегии организации ССК, позволяющий оценить и выбрать стратегию создания ССК на основе интегрального показателя качества организационного обеспечения эксплуатации продукции $Q_{\text{как.}}$.

Оценить организационное обеспечение можно набором различных показателей, поэтому необходимо иметь единый количественный показа-

тель для оценки разных стратегий ССК.

Таблица 4

Групповые показатели первого уровня иерархической структуры

Группа показателей по организации ТОиР (а)		Группа показателей по организации логистической поддержки (б)	Группа показателей по организации работ у инозаказчика (с)
a_1	Этап ЖЦ изделия	b_1 Производственные площади, задействованные для ТОиР у инозаказчика	c_1 Уровень постпродажного (сервисного) обслуживания
a_2	Количество дополнительных ремонтных работ, необходимость в которых выявлена при проведении ТОиР	b_2 Складские мощности и оборудования у инозаказчика	c_2 Интенсивность использования изделия
a_3	Количество проведенных плановых ремонтов в соответствии с регламентом	b_3 Среднее время простоя по причине запаздывания поставки	c_3 Степень нагруженности изделия (нагрузки, близкие к максимальным, средние, в соответствии с ТУ)
a_4	Среднее время, необходимое для обнаружения и устранения предотказных состояний	b_4 Уровень использования информационных технологий и программного обеспечения логистических процессов	c_4 Уровень системы контроля и учета неисправностей
a_5	Остаточный ресурс изделия (расчетная или экспертная оценка)	b_5 Уровень использования аутсорсинга логистических процессов	c_5 Уровень информационного обеспечения
a_6	Среднее время нахождения изделия в неработоспособном состоянии	b_6 Штрафные санкции в случае неисполнения поставки по контракту	c_6 Уровень технической оснащенности и организации рабочих мест
a_7	Затраты на ТОиР по причине необходимости проведения дополнительных работ	-	c_7 Уровень профессиональной подготовки и квалификации персонала

Первым шагом при разработке метода была создана иерархическая структура показателей, отражающая совокупность организационных признаков по техническому обслуживанию и логистики в регионе заказчика с учетом специфики изделий – на первом уровне представлены групповые показатели, на втором уровне – элементарные признаки, которые непосредственно оцениваются (Таблица 4).

Второй этап разработки метода заключается в решении проблемы

количественной оценки совокупности показателей и расчету интегрального показателя $Q_{\text{как.}}$: иерархическая структура состоит из отдельных элементарных признаков, некоторые из которых носят абсолютный характер, некоторые – относительный; часть группы признаков направлена на минимизацию, часть – на максимизацию результатов отдельных процессов. Поэтому в диссертации было предложено проводить нормализацию с учётом максимизации-минимизации критериев:

$$K(N,i) = \begin{cases} \frac{L(N,i)^{[+]} - L_{N,\min}}{L_{N,\max} - L_{N,\min}} & L(N,i)^{[+] \rightarrow \max} \\ \frac{L_{N,\max} - L(N,i)^{[-]}}{L_{N,\max} - L_{N,\min}} & L(N,i)^{[-] \rightarrow \min} \end{cases}, \text{ если}$$

$L(N, i)$ – значение исходного размерного критерия;

L_{\max} – максимальное значение критерия $L(N, i)$ в рамках исследуемой области;

L_{\min} – минимальное значение критерия $L(N, i)$ в рамках исследуемой области;

$N = \overline{1, N^*}$ – номер выбиравшего варианта;

N^* – количество вариантов;

$i = \overline{1, I^*}$ – номер числового критерия;

I^* – количество критериев;

$K(N, i)$ – значение нормализованного критерия.

Отличие оценки относительных критериев от абсолютных заключается в отсутствии необходимости нормализации показателей. Все относительные оценки носят субъективный характер и лежат на интервале от 0 до 1. Для оценки относительных показателей был применен метод Монте-Карло.

Для поиска частных интегральных показателей для каждой группы используется мультипликативный метод:

$$I(x_i) = \prod_{k=1}^n x_{ik}^{\mu_{ik}},$$

где $I(x_i)$ – частный интегральный показатель; x_{ik} – i -ый показатель оценки k -ой группы показателей; μ_{ik} – вес i -го показателя оценки k -ой группы показателей.

При учете условия стремления части показателей к максимуму, а части к минимуму формулы частных интегральных показателей будут иметь следующий вид:

$$A = \frac{\prod_{i=1}^s a_i^{[+] \mu a_i}}{\prod_{i=1}^s a_i^{[-] \mu a_i}},$$

s – количество критериев группы а;

$$B = \frac{\prod_{i=1}^t b_i^{[+] \mu_{b_i}}}{\prod_{i=1}^t b_i^{[-] \mu_{b_i}}},$$

t – количество критериев группы б;

$$C = \frac{\prod_{i=1}^r c_i^{[+] \mu_{c_i}}}{\prod_{i=1}^r c_i^{[-] \mu_{c_i}}},$$

r - количество критериев группы с.

Определение весовых коэффициентов частных интегральных показателей после свертки определяется по формуле:

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$$

Ввиду того, что частные интегральные показатели имеют одинаковый вес и являются равнозначными, их весовые коэффициенты равны 0,33.

Итоговый интегральный показатель $Q_{\text{кач}} = A^{\omega_1} B^{\omega_2} C^{\omega_3}$.

В приложении А диссертации представлен код программы для расчета на языке программирования Python v3.9.7.

Результат расчета интегрального показателя качества организационного обеспечения эксплуатации продукции различными региональными заказчиками представлен в Таблице 5.

Таблица 5

Результаты расчета интегрального показателя

$Q_{\text{кач}}$	СК-801
Заказчик 1	1,17
Заказчик 2	1,21
Заказчик 3	1,19

Представленный метод позволяет создать массив соответствия стратегий создания ССК интегральному показателю во времени, что дает возможность оценивать варианты стратегии ССК в динамике, а в результате – возможность выбора стратегии, обеспечивающей наилучший результат деятельности на всем горизонте планирования.

Для апробации разработанного метода были выбраны стратегии, которым соответствуют основные на данный момент формы организационного взаимодействия поставщика и заказчика продукции, и проведена прогнозная экономическая оценка затрат на реализацию этих стратегий для одного регионального заказчика. Результаты оценки основных показателей по стратегиям ССК продукции приведены в таблице 6.

Стратегия сохранения качества продукции на основе создание модуля онлайн аудита, объединяющего участников ССК и средства аппаратной диагностики в единую информационную среду, позволит минимизировать ошибки диагностики за счет снижения количества скрытых отказов, что напрямую повлияет на работоспособность и показатели надежности про-

дукции.

В результате применения разработанных в диссертации модели процессов сохранения качества и метода выбора стратегии организации системы сохранения качества продукции, российские поставщики продукции ОПК смогут удаленно контролировать работы по постпродажному обслуживанию и сохранению качества эксплуатируемых изделий с учетом специфики региона, что обеспечит требуемые значения показателей технического использования и готовности изделий.

Таблица 6

Оценка трех ключевых стратегий для обеспечения обслуживания СК-801
при эксплуатации в регионе заказчика

Номер стратегии	Организация ССК продукции при эксплуатации	$Q_{как.}$	$K_{т.и.}$ (обеспечивается соответствующей стратегией ССК)	K_g (значение по условиям контракта)	Z (тыс.руб.)
S_1	Создание поставщиком собственного сервисного центра на территории заказчика	1,2	0,65	$\geq 0,8$	1 106 250
S_2	Участие в организации постпродажного обслуживания изделий всех участников ССК: поставщика, заказчика, аккредитованного сервисного центра, объединенных в рамках цифрового модуля онлайн аудита состояния изделий	1,21	0,75	$\geq 0,8$	743 290
S_3	Контрактное обслуживание изделий поставщиком продукции (с учетом штрафных санкций за нарушение условий контракта)	1,17	0,65	$\geq 0,8$	789 000
Прогнозные затраты на реализацию стратегии рассчитаны с учетом капитальных затрат. Калькуляция затрат осуществляется на весь планируемый срок эксплуатации продукции (для данного изделия 10 лет).					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Результаты анализа особенностей организации процессов по сохранению качества эксплуатируемых изделий и проведения работ по обслуживанию продукции ОПК на территории региональных заказчиков

подтвердили необходимость создания ССК продукции и выделение стратегического, тактического и операционно-производственного уровней управления с распределением функций и зон ответственности за их выполнение между участниками ССК.

2. Предложенный подход к формированию стратегий организации ССК продукции учитывает различные условия контрактов на поставку изделий и формы организации взаимодействия с заказчиками, что обеспечит возможность создания типовых вариантов ССК МП для разнородных видов продукции ОПК с учетом особенностей постпродажного обслуживания в регионе заказчика.

3. Разработанная система сбалансированных показателей охватывает совокупность показателей по организационно-техническому, ресурсному и кадровому обеспечению поддержки эксплуатации в регионе, что позволяет оценивать результаты работы и перспективы развития ССК продукции ОПК, созданной в соответствии с выбранной стратегией.

4. Построенная модель процессов эксплуатации учитывает ошибки данных оценки технического состояния изделий при проведении сервисным центром заказчика диагностики, что обеспечит контроль работ по постпродажному обслуживанию изделий в части обеспечения требуемых показателей технического использования и готовности к работе; модель может использоваться для создания модуля онлайн-аудита состояния продукции ОПК, эксплуатируемой в региональных условиях заказчиков.

5. Разработан метод выбора стратегии организации ССК на основе оценки интегрального показателя качества организационного обеспечения региональной эксплуатации с обоснованием мультиплективной свертки разнохарактерных единичных показателей организации процессов технического обслуживания и логистики в регионе; разработанное программное обеспечение позволит в автоматизированном режиме проводить оценку вариантов стратегий ССК для разных регионов эксплуатации и возможность выбора стратегии, обеспечивающей сохранение качества продукции при эксплуатации на всем сроке эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 05.02.22:

1. Антонов А.В. Модель и метод формирования оптимальной стратегии сохранения качества продукции на этапе применения и эксплуатации // Современные научно-технические технологии. 2021. №5, с. 14-22.
2. Антонов А.В., Сидорин В.В. Математическая модель системы сохранения качества продукции военного назначения при ее эксплуатации и применении на основе марковского анализа // Современные научно-технические технологии. 2021. №10, с.9-16.

3. Антонов А.В., Сидорин В.В. Система менеджмента качества сервисного центра по обслуживанию и ремонту продукции военного назначения на территории инозаказчика // Современные научно-технические технологии. 2019. №9, с.36-42.
4. Антонов А.В., Сидорин В.В. Метод и методика менеджмента критически значимых рисков // Современные научно-технические технологии. 2021. №9, с.9-23.

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Антонов А.В., Сидорин В.В. Модель цифровой системы сохранения качества продукции военного назначения на территории инозаказчика // Фундаментальные исследования. 2019. № 8, с.23-31.
2. Антонов А.В., Сидорин В.В. Концептуальная модель и метод менеджмента критически значимых рисков // Организатор производства. 2021. Т. 29. № 2

Тезисы докладов:

1. Антонов А.В., Сидорин В.В. Обеспечение качества высокотехнологичной продукции на этапах применения и эксплуатации // Материалы Международной научно-технической конференции, 19 – 23 ноября 2018 г. Москва INTERMATIC – 2018, часть 5 РТУ МИРЭА. С. 1157-1162.
2. Антонов А.В., Сидорин В.В. Управление изменениями в процессах сохранения качества продукции военного назначения у потребителя. Материалы IV Международной научно-технической конференции «Радиоинфоком 2019», Москва, 2019 г. – С. 446-451.
3. Антонов А.В., Сидорин В.В. Стандарт виртуального (on-line) аудита сервисного центра по обслуживанию продукции у потребителей Сборник трудов Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2020». М. Издательство «Проспект» - С.254-261.
4. Антонов А.В., Сидорин В.В. Сервисный центр в процессе обеспечения качества научно-технической продукции на территории иностранного заказчика. Материалы IV Международной научно-технической конференции «Радиоинфоком 2019», Москва, 2019 г. – С 407-411
5. Антонов А.В., Сидорин В.В. Марковский анализ системы сохранения качества продукции при ее эксплуатации и применении. V Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и информационных систем» «РАДИОИНФОКОМ - 2021», Москва, 2021 г. – С 526-530