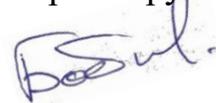


На правах рукописи



Бобков Илья Алексеевич

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ АВИАСТРОЕНИЯ НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЕЙ**

Специальность 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика
(экономика промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2023

Работа выполнена на кафедре «Инновационная экономика, финансы и управление проектами» Московского авиационного института (национального исследовательского университета)

Научный руководитель: **Бурдина Анна Анатольевна**
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кохно Павел Антонович**
доктор экономических наук, профессор
АНО «Содействие и развитие инноваций в научно-производственной сфере»
заместитель директора по науке

Ермолина Лилия Валерьевна
кандидат экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
кафедра «Экономика промышленности и производственный менеджмент»
доцент

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Защита состоится «29» февраля 2024 в 11:00 часов (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.11, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», по адресу: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 9 студия «Открытая сеть».

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и на сайте www.mgsu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Глазкова В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Авиационная промышленность (далее по тексту – сокр. АП) является высокотехнологичным, системообразующим сектором экономики. В контексте внешних вызовов, задач развития, обеспечения экономического, технологического суверенитета Правительством России разработаны: Стратегии пространственного развития, национальной безопасности, программа развития авиационной промышленности. Ключевыми задачами нормативных правовых документов являются: формирование оптимальных номенклатуры, объемов и сроков поставок воздушных судов отечественного производства с учетом реализации в возможно короткий срок программ импортозамещения, разработка новых конструкционных материалов, аддитивных технологий для авиа- и космической техники, разработка новой конкурентоспособной авиационной техники. Решение поставленных государством задач опосредовано необходимостью обеспечения высокой скорости реакции разработчиков высокотехнологической продукции авиастроения (далее по тексту – сокр. ВПА) и производителей на изменения рынка, предпочтения заказчиков авиационной техники (далее по тексту – сокр. АТ) и потребителей, повышению эффективности разработок с учётом финансовых, производственных, технологических рисков. Таким образом, необходимо разрабатывать экономические механизмы управления, способствующие повышению скорости и эффективности разработки новой ВПА (например, посредством использования цифрового инструментария), технической подготовки производства, вывода продукции на внутренний и внешний рынок. В новых экономических реалиях необходимы критерии эффективности выбора ВПА для постановки на производство с учётом тактических, стратегических задач и факторов неопределённости, возникающих в современных условиях, что обосновывает актуальность темы исследования.

Степень разработанности темы исследования. Вопросы оценки эффективности НИР и ОКР рассмотрены в трудах российских и зарубежных ученых Е.В. Григорьева, Н.А. Дубровского, И.Б. Ипатова, А.С. Карасева, Е.Т. Купрейшвили, Е.Ю. Морозова, А.А. Румянцева и других авторов. Фундаментальные исследования в области управления процессами в организациях проведены М. Вебером, М. Портером, Ф. Тейлором, И. Фишером. Анализ проблем разработки высокотехнологичной продукции, модернизации

продукции, анализу рисков посвящены труды Г. Армстронга, А.Г. Бадаловой, Б. Банди, П.Г. Белова, Д.Б. Берга, Н.Г. Верстиной, Д. Гэлаи, Ю.Я. Еленевой, А.Т. Зуб, А.П. Ковалёва, Ф. Котлера, Н.Ш. Кремера, Р.А. Фатхутдинова и др. Однако вопросы управления разработкой ВПА, способствующие повышению эффективности разработки новой ВПА, технической подготовки производства с учётом факторов неопределённости требуют углубленного изучения в условиях цифровой среды.

Цель диссертационного исследования заключается в формировании структуры механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределённостей, обеспечивающей выбор продукции для постановки на производство.

Для достижения сформулированной цели в диссертации были поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Изучить состояние, тенденции, особенности развития авиастроения в условиях необходимости, а также укрепления экономического и технологического суверенитета России.

2. Провести анализ процессов управления жизненным циклом ВПА, методов оценки эффективности этапов НИОКР.

3. Разработать концептуальную модель управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения.

4. Разработать методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределённости при производстве разработанной высокотехнологичной продукции авиастроения.

5. Предложить методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА.

6. Разработать структуру экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения с учётом тактической и стратегической целесообразности на основе анализа неопределённостей.

7. Провести апробацию разработанного механизма управления разработкой ВПА на основе анализа неопределённостей.

Объектом исследования в диссертации являются предприятия авиастроительной отрасли, занимающиеся разработкой и производством высокотехнологичной продукции авиастроения.

Предметом исследования определен процесс управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределенностей.

Методология и методы исследования. Настоящее диссертационное исследование основано на теоретических и методологических положениях фундаментальных трудов отечественных и зарубежных авторов, занимающихся вопросами эффективности НИР и ОКР, управлением жизненным циклом высокотехнологичной продукции, производственного менеджмента, анализа неопределенности при принятии решений. В рамках диссертационного исследования основополагающими являлись принципы теории стоимости, оптимизации. Основными методами, используемыми в работе, являются методы статистического анализа, теории вероятности, нейросетевого моделирования.

Научная новизна диссертационной работы состоит в теоретическом обосновании, построении и практической реализации экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения, обеспечивающего проведение оценки эффективности разработки ВПА и принятие обоснованного решения о постановке продукции на производство.

В результате диссертационного исследования получены и выносятся на защиту следующие результаты, содержащие элементы научной новизны:

1. Концептуальная модель управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения, отличающаяся возможностью оценки эффективности разработки ВПА на основе анализа экономических, технологических факторов неопределённости, производственного риска для решения тактических и стратегических задач (п.2.2 Паспорта специальности ВАК).

2. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной высокотехнологичной продукции авиастроения посредством нейросетевого моделирования, применение которого, в отличие от существующих подходов, позволяет дать оценку уровню производственного риска, оценить сложность производства разработанной ВПА; экономические, финансовые, технологические возможности обновления материально-производственной базы предприятий для создания ВПА (п.2.16 Паспорта специальности ВАК).

3. Методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА, отличительной

особенностью которого является оценка производства разработанной АТ в определённой конфигурации с учетом производственного риска, временного фактора, обеспечивающей рост доли рынка, снижение периода окупаемости ВПА, а также оценка производства АТ с учётом обеспечения производственного, технологического суверенитета авиастроения в долгосрочной перспективе за счёт качественного изменения лётных характеристик, развития в стране материально-технической, полигонной базы для производства АТ. Предложенный методический подход позволяет оценить эффективность разработки ВПА, принять решения о постановке разработанной продукции на производство (п.2.2, п.2.16 Паспорта специальности ВАК).

4. Экономический механизм управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределенностей, отличающийся возможностью повышения скорости реакции на изменения рынка, предпочтения заказчиков авиационной техники, эффективности разработки новой высокотехнологичной продукции авиастроения, посредством моделирования цифровых двойников, технической подготовки производства, вывода продукции на внутренний и внешний рынок. В основе механизма критерии эффективности выбора ВПА для постановки на производство с учётом тактических, стратегических задач и факторов неопределённости (п.2.2, п.2.16 Паспорта специальности ВАК).

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в обобщении и развитии теоретико-методологических положений оценки эффективности НИОКР, управления жизненным циклом ВПА; обосновании применения методов нейросетевого моделирования для оптимизации компонент авиационной техники; определении критериальных показателей «тактическая целесообразность» и «стратегическая целесообразность», которые позволяют оценить эффективность разработки ВПА.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что результаты работы могут быть использованы для обоснования принятия управленческих решений, связанных с производством разработанной ВПА. Предложенный методический подход позволяет оценить эффективность разработки ВПА с помощью показателей тактической и стратегической целесообразности. Разработанные нейросетевые модели способствуют развитию отраслевого искусственного интеллекта.

Информационную базу исследования составили нормативные правовые акты по вопросам развития отрасли авиастроения, сектора беспилотных летательных аппаратов, искусственного интеллекта, официальные данные Федеральной службы государственной статистики, Министерства экономического развития РФ; результаты исследований, находящиеся в открытом доступе в научных изданиях России и других стран; информационные ресурсы сети Интернет, а также результаты исследований, проведенных автором.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Концептуальная модель управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения.
2. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной высокотехнологичной продукции авиастроения.
3. Методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА.
4. Экономический механизм управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределенностей

Степень достоверности и апробации результатов. Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивается использованием общепризнанных достоверных источников, составляющих информационно-методическую основу исследования, а также корректностью аналитических выкладок и научной интерпретируемостью результатов расчета, и применением апробированного математического и программного обеспечения.

Апробация работы и внедрение результатов исследования осуществлялись на конференциях: 21-ой международной конференции «Авиация и космонавтика» (г. Москва, ноябрь 2022 г.), международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы современной науки, достижения и инновации» (Уфа, июнь 2023 г.) и других конференциях. А также доложены на XIV Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» (г. Москва, ноябрь 2022 г.).

Личный вклад автора: определены цели и задачи исследования, лично осуществлён подбор и анализ литературных данных, разработан методический подход и методический инструментарий, проведена их практическая реализация.

Созданы компьютерные программы для практической реализации разработанного механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределенностей. Осуществлён анализ, обработка и интерпретация полученных результатов, сформулированы выводы и написан текст диссертации.

Публикации по теме диссертации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 статьях, 5 из которых в рецензируемых научных изданиях из перечня, рекомендованного Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России и 1 статья опубликована в журнале, входящем в реферативную базу данных Scopus.

Соответствие темы диссертации требованиям паспорта специальности ВАК. Профиль диссертации соответствует Паспорту специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика в пп.: 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности; 2.16. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, состоящего из 97 наименований, и 12 приложений. Общий объем диссертации составляет 164 страницы машинописного текста, включая 39 рисунков и 28 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **Введении** обоснованы актуальность темы диссертационного исследования, где объект и предмет, а также определены цели и сформулированы задачи.

В **Главе 1 «Анализ теоретико-методологических аспектов обеспечения эффективности разработки высокотехнологичной продукции авиастроения»** проведен анализ современного состояния и перспектив развития отрасли авиастроения на примере БПЛА, выделены проблемы эффективности разработки высокотехнологичной продукции авиастроения, изучены подходы к анализу неопределенностей разработки ВПА, а также показана эффективность применения цифровых двойников при разработке ВПА.

В **Главе 2 «Формирование экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределённости»** рассматриваются вопросы построения

концептуальной модели управления разработкой ВПА, формирования методического инструментария оценки факторов неопределенности при производстве ВПА, создания методического подхода к оценке тактической и стратегической целесообразности производства ВПА и разработки механизма управления разработкой ВПА на основе анализа неопределенностей.

В Главе 3 «Практическая реализация экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения» представлены результаты оценки тактической и стратегической целесообразности производства усовершенствованного БПЛА «ОРЛАН-10», показана реализация разработанных методического инструментария оценки факторов неопределенности и методического подхода к оценке тактической и стратегической целесообразности производства ВПА.

В **Заключении** сформулированы основные выводы по результатам исследования в соответствии с поставленной целью и задачам по ее достижению, описаны перспективы дальнейшей разработки темы.

В **Приложениях** представлены материалы, дополняющие и поясняющие отдельные положения диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Концептуальная модель управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения, отличающаяся возможностью оценки эффективности разработки ВПА на основе анализа экономических, технологических факторов неопределённости, производственного риска для решения тактических и стратегических задач.

Для построения концептуальной модели управления разработкой ВПА изучены экономические, управленческие и математические теории концепции: теория фирмы, трудовая теория стоимости, рыночного равновесия, экономической безопасности, теория производственного менеджмента, управления рисками, неопределенности, теория оптимизации, теория игр, имитационного моделирования, нейросетевое моделирование. Изученные теории и концепции легли в основу концептуальной модели управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения, представленной на рисунке 1.

Концептуальная модель включает четыре блока.

1. Информационный блок, предназначенный для сбора необходимой информации, включающей в себя сведения о требованиях заказчика к продукции,

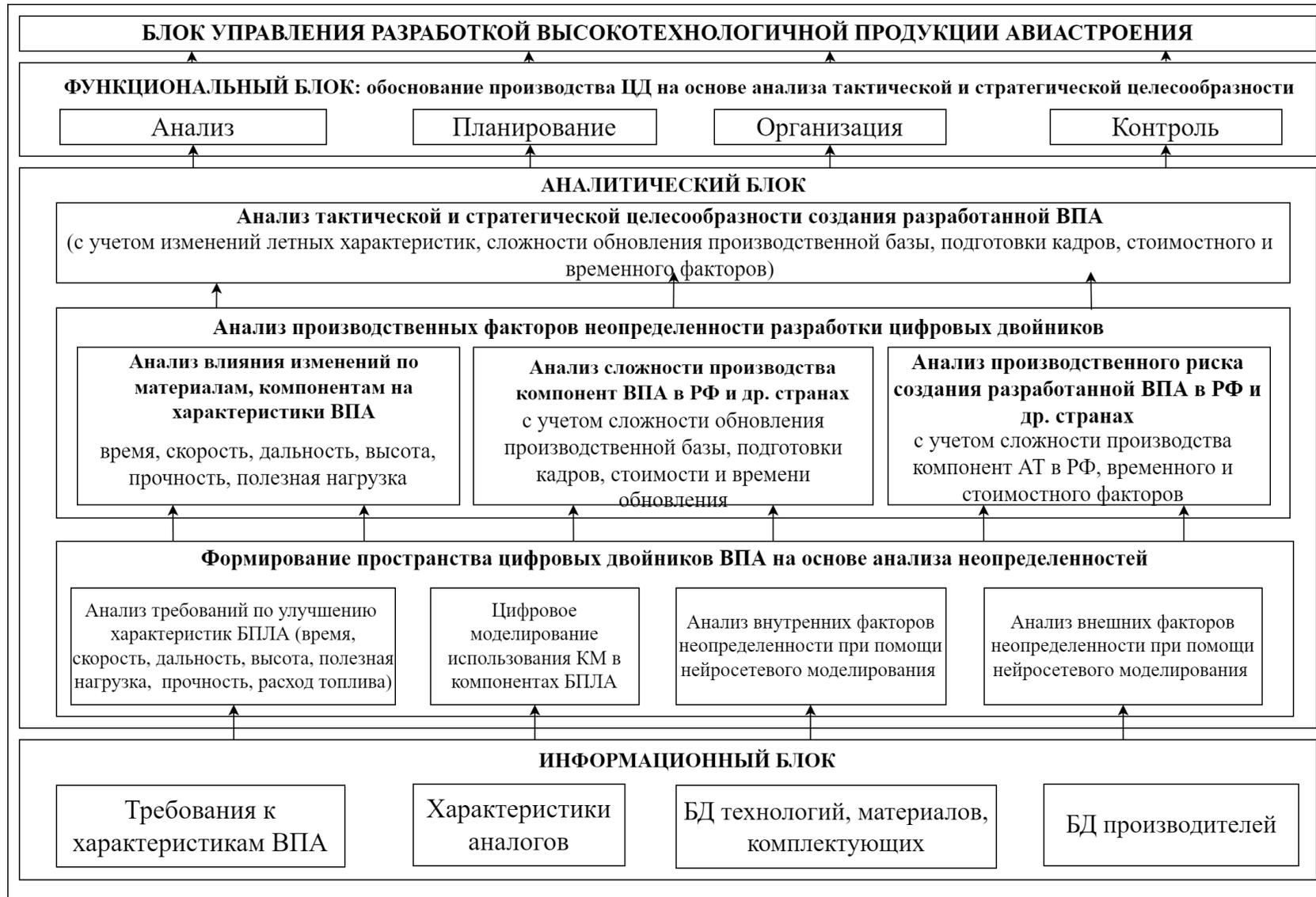


Рисунок 1 – Концептуальная модель управления разработкой высокотехнологичной продукции авиационного назначения
[Источник: составлено автором]

о характеристиках аналогичной продукции конкурентов, о технологиях производства и производственных мощностях, о параметрах и летных характеристиках, о физических свойствах используемых материалов.

2. Аналитический блок, который включает формирование пространства цифровых двойников на основе анализа неопределенностей; анализ влияния изменений по материалам и компонентам на лётные характеристики, анализ сложности производства компонент в РФ и других странах, обновления производственной базы, подготовки кадров, стоимостного и временного факторов, анализ производственного риска создания разработанного цифрового двойника (далее по тексту – сокр. ЦД) в РФ и других странах.

3. Функциональный блок, предназначенный для обоснования производства на основе анализа тактической и стратегической целесообразности производства.

4. Блок управления разработкой ВПА, в рамках которого вырабатываются рекомендации по принятию управленческих решений о производстве спроектированных ЦД.

2. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной высокотехнологичной продукции авиастроения посредством нейросетевого моделирования, применение которого, в отличие от существующих подходов, позволяет дать оценку уровню производственного риска, оценить сложность производства разработанной ВПА; экономические, финансовые, технологические возможности обновления материально-производственной базы предприятий для создания ВПА.

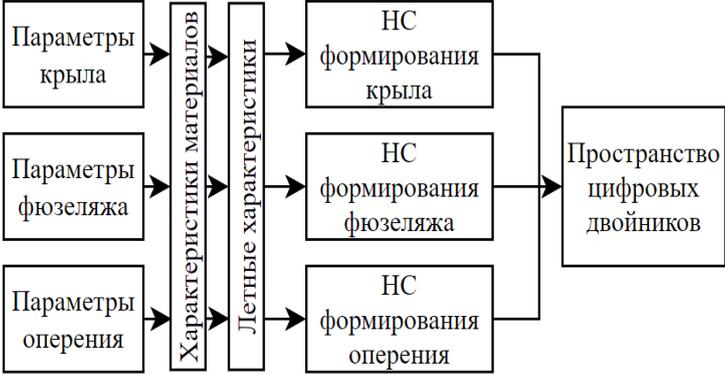
Разработка ВПА осуществляется, с одной стороны, в условиях невозможности производить новую продукцию на старой материально-производственной базе и ограниченности ресурсов для обновления производства, а с другой, в условиях необходимости повышения скорости, эффективности разработки новой продукции авиастроения для обеспечения технологической, экономической безопасности отрасли, что позволяет сделать вывод о необходимости учёта различных видов неопределённостей при разработке экономического механизма управления разработкой ВПА. С этой целью проведена классификация видов неопределенности при создании, производстве ВПА, позволяющая детально изучить влияние неопределённостей на эффективность разработки ВПА, разработать подходы к оценке. В диссертации

определены: организационно-экономическая, материально-техническая, технологическая, производственная, финансовая, временная, страновая неопределённость.

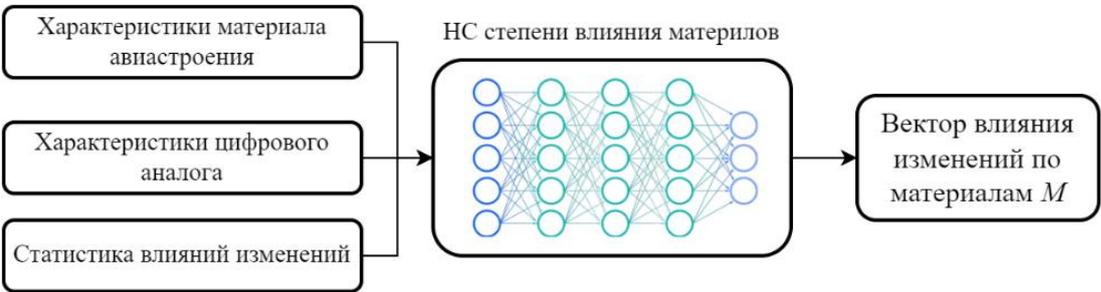
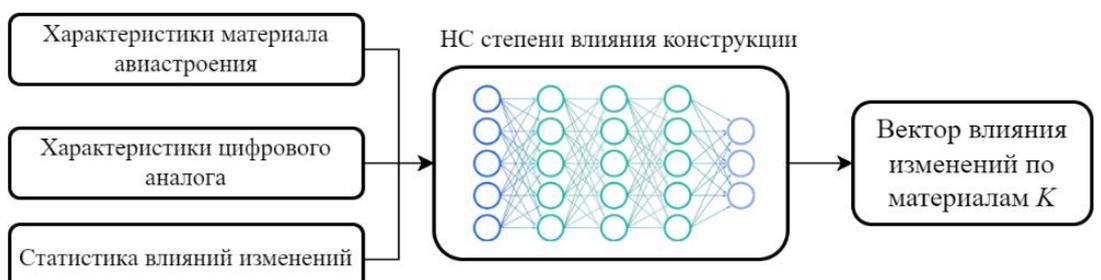
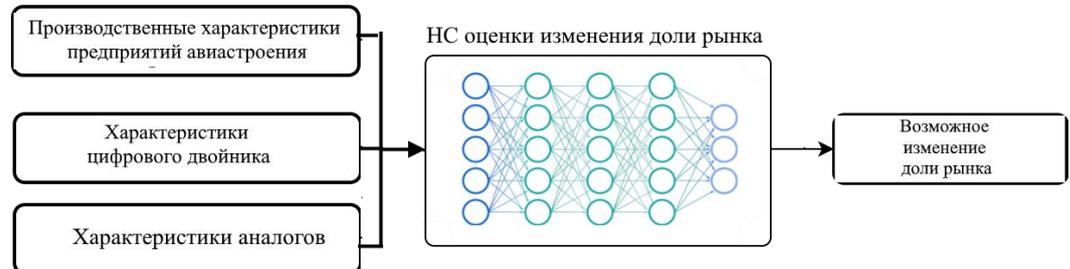
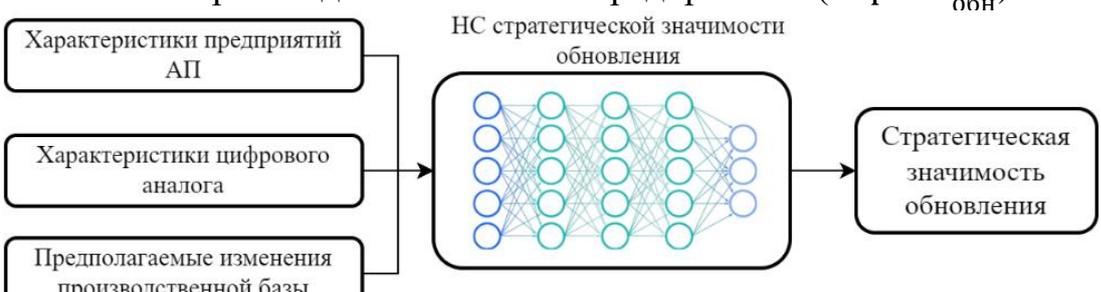
Изучение трактовок понятия «неопределённость», методов оценки позволило выдвинуть гипотезу, что данное понятие необходимо исследовать как многофакторное. Выделены внутренние факторы неопределённости: изменение требований к характеристикам ЛА, влияние композитных материалов, комплектующих на лётные характеристики; внешние факторы: возможности производства материалов, комплектующих; обновления материально-производственной базы предприятий для создания ЛА; технологии производства разработанной АТ; время производства ЛА; факторы стоимости материалов, комплектующих, производства ЛА; ценовые факторы, факторы спроса на разрабатываемый ЛА.

Таким образом, факторы неопределённости влияют на эффективность разработки ВПА, то есть требуют количественной оценки. Установление в диссертации зависимости оптимизации компонент авиационной техники посредством цифровых инструментов, возможности производства и эффективности разработки высокотехнологичной продукции явилось основой создания методического инструментария оценки внутренних и внешних факторов неопределённости при производстве разработанной ВПА (таблица 1).

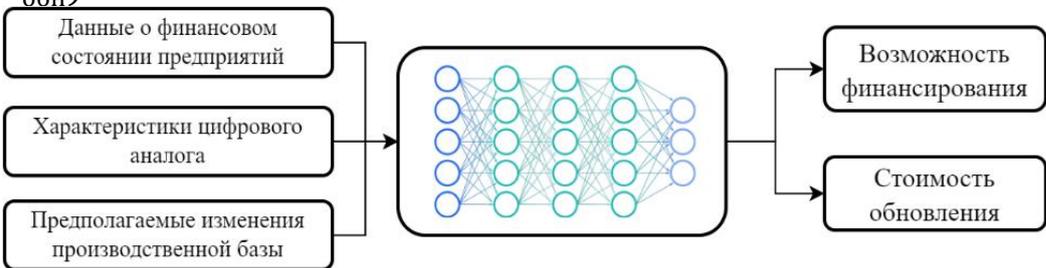
Таблица 1. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределённости при производстве разработанной ВПА

1. Информационно-аналитический этап.	Анализ нормативной правовой базы и методик оценки неопределённости при разработке ВПА
	Формирование баз данных по композитным материалам, сплавам, компонентам АТ, производителям, стоимости, требуемым лётным характеристикам.
2. Этап формирования пространства цифровых двойников ВПА	<p>Цифровое моделирование использования композитных материалов, комплектующих. Формирование пространства цифровых двойников ВПА при помощи комплекса нейросетевых моделей.</p>  <pre> graph LR A[Параметры крыла] --> B[Характеристики материалов] C[Параметры фюзеляжа] --> B D[Параметры оперения] --> B B --> E[Летные характеристики] E --> F[НС формирования крыла] E --> G[НС формирования фюзеляжа] E --> H[НС формирования оперения] F --> I[Пространство цифровых двойников] G --> I H --> I </pre>

Продолжение Таблицы 1. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной ВПА

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">3. Этап оценки внутренних факторов неопределенности производства ЦД</p>	<p>Нейросетевое моделирование степени влияния изменений по материалам $M_i \in [0; 10]$ на лётные характеристики:</p> 
	<p>Нейросетевое моделирование степени влияния изменений по комплектующим $K_i \in [0; 10]$ на лётные характеристики:</p> 
	<p>Нейросетевое моделирование возможного изменения доли рынка $V_i \in [0; 10]$:</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">4. Этап оценки внешних факторов неопределенности производства ЦД</p>	<p>Нейросетевое моделирование сложности ($СлП^k_{рф/неРФ}$), стоимости ($СтП^k_{рф/неРФ}$) и времени ($ВП^k_{рф/неРФ}$) производства компонент авиационной техники в России и за рубежом.</p>
	<p>Нейросетевое моделирование стратегической значимости обновления производственной базы предприятий ($СтрЗн^k_{обн}$):</p> 

Продолжение Таблицы 1. Методический инструментарий оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной ВПА

	<p>Нейросетевое моделирование возможности финансирования обновления производственной базы ($ВФ^k_{обн}$) и стоимости обновления ($Ст^k_{обн}$):</p> 
	<p>Моделирование сложности обновления производственной базы ($Сл^k_{обн}$):</p> $Сл^k_{обн} = 2 \arctg(M \cdot K) \sqrt{K}$
	<p>Время обновления производственной базы ($Вр^k_{обн}$):</p> $Вр^k_{обн} = \frac{M}{3} \sqrt{K}$
	<p>Формирование вектора производственных возможностей k-ого компонента для каждого ЦД ВПА:</p> $ВПВ^k = (СлП^k, СтП^k, ВП^k, СтрЗн^k_{обн}, ВФ^k_{обн}, Ст^k_{обн}, Сл^k_{обн}, Вр^k_{обн})^T$

Источник: [Составлено автором]

3. Методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА, отличительной особенностью которого является оценка производства разработанной АТ в определённой конфигурации с учетом производственного риска, временного фактора, обеспечивающей рост доли рынка, снижение периода окупаемости ВПА, а также оценка производства АТ с учётом обеспечения производственного, технологического суверенитета авиастроения в долгосрочной перспективе за счёт качественного изменения лётных характеристик, развития в стране материально-технической, полигонной базы для производства АТ.

Решение задач в области создания новой ВПА подразумевает сокращение времени разработок и подготовки производства, прогнозирование, повышение скорости реагирования на требования к характеристикам ВПА, действия конкурентов. То есть разработанная ВПА должна иметь конкурентные преимущества в текущем и перспективном периоде для решения тактических и

стратегических задач. В исследовании выдвигается гипотеза о необходимости формирования критериальных показателей «тактическая целесообразность производства» и «стратегическая целесообразность производства», учитывающих внутренние и внешние факторы неопределённости, позволяющие принимать управленческие решения о принятии ВПА на производство, о модернизации производства, обосновывать эффективность разработки высокотехнологичной продукции с целью обеспечения конкурентных преимуществ АТ для решения тактических и стратегических задач. В соответствии с проведённым выше обоснованием, для решения задач исследования введены понятия «тактическая целесообразность», «стратегическая целесообразность».

Тактическая целесообразность создания разработанной ВПА (ТЦ) - показатель целесообразности производства ВПА в разработанной конфигурации с учетом производственного риска, финансового, временного фактора, обеспечивающей рост доли рынка, снижение периода окупаемости ВПА.

Стратегическая целесообразность создания разработанной АТ (СЦ) - показатель целесообразности производства ВПА, обеспечивающей рост доли рынка, производственный, технологический суверенитет авиастроения в долгосрочной перспективе за счёт качественного изменения лётных характеристик в разработанной конфигурации, учитывающий сложность обновления производства, ценовой фактор, развитие в стране материально-технической, полигонной базы для производства АТ.

Для создания различных конфигураций, моделирования компонент авиационной техники с использованием композитных материалов в диссертации использовался цифровой инструментарий и механизм нейросетевого моделирования. Проводилось моделирование характеристик крыла (площадь, размах), фюзеляжа (длина, масса конструкции), хвостовое оперение (площади рулевых поверхностей, корневые хорды). В результате был сформирован методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства ВПА, включая разработку шкалы оценки (таблица 2).

Таблица 2. Методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА.

<p>1. Формирование пространства цифровых двойников. Анализ внутренних и внешних факторов производства ЦД</p>	<p>См. этап формирования пространства цифровых двойников ВПА Методического инструментария</p> <p>The diagram illustrates the methodology for forming the space of digital twins. It consists of three input categories feeding into a neural network, which then outputs the components of the wing and a bar chart.</p> <ul style="list-style-type: none"> Летные характеристики ВПА (Flight characteristics): Вес пустого, Грузоподъемность, Макс. скорость, Крейсерская скорость, Дальность полета, Высота полета, Расход топлива, Тяга, Нагрузка на крыло. Характеристики крыла (Wing characteristics): Площадь, Размах, Толщина профиля, Угол стреловидности, Поперечный угол, Угол заклинивания, Коэф. продольной силы, Коэф. прод. момента, Угол закручивания, Коэф. лобового сопр, Вес, Макс. прогиб, Скорость флаттера. Характеристики материала (Material characteristics): Тип, Плотность, Предел прочности, Модуль упругости, Предел выносливости, Стабильность, Теплопроводность, Коэф. темп. расширения. <p>The neural network outputs the following components of the wing: Носовая часть крыла, Задний лонжерон, Передний лонжерон, Верхняя панель кессона, Верхняя панель хвост. части, Кошечей обтекатель, Элерон, Закрылок, Нижняя панель хвост. части, Кессонная часть нервюры, Хвостовая часть нервюры. A bar chart is also shown below the components list.</p>
<p>2. Оценка производственного риска каждого ЦД</p>	<p>Оценка производственного риска k-ого компонента ЦД ($ПР^k_{рФ}$, $ПР^k_{неРФ}$), с учетом сложности ($СлП^k_{рФ/неРФ}$), времени ($ВП^k_{рФ/неРФ}$), стоимости производства на предприятиях в России и за рубежом ($СтП^k_{рФ/неРФ}$), сложности доставки ($СлД^k_{неРФ}$):</p> $ПР^k_{рФ} = \frac{\sqrt{СлП^k_{рФ}} \cdot СтП^k_{рФ}}{ВП^k_{рФ}}$ $ПР^k_{неРФ} = \frac{\sqrt{СлП^k_{неРФ}} \cdot СтП^k_{неРФ} \cdot \exp(0.1 \cdot СлД^k_{неРФ} - 1)}{ВП^k_{неРФ}}$ <p>Параметры определяются на основе нейросетевого моделирования (см. этап оценки внешнего фактора неопределённости методического инструментария).</p>
<p>3. Этап оценки тактической целесообразности и производства ЦД</p>	<p>Оценка тактической целесообразности каждого компонента ЦД:</p> $ТЦ^k_{рФ/неРФ} = \frac{ВФ^k_{обн} \cdot (СтрЗн^k_{обн})^2}{ПР^k_{рФ/неРФ} \cdot (Ст^k_{обн} + Сл^k_{обн}) \cdot (Вр^k_{обн})^2 + ВФ^k_{обн} \cdot (СтрЗн^k_{обн})^2}$ <p>Оценка тактической целесообразности ЦД:</p> $ТЦ_{рФ/неРФ} = \sum_{k=1}^N \theta_k \cdot ТЦ^k_{рФ/неРФ}, \quad \sum \theta_k = 1$ <p>θ_k — значимость изменений каждого компонента ЦД</p>
<p>4. Этап оценки стратегической целесообразности и производства ЦД</p>	<p>Оценка стратегической целесообразности каждого компонента ЦД:</p> $СЦ^k_{рФ/неРФ} = \frac{ВФ^k_{обн} \cdot СтрЗн^k_{обн} + Ст^k_{обн} \cdot Сл^k_{обн}}{ВФ^k_{обн} \cdot СтрЗн^k_{обн} + Ст^k_{обн} \cdot Сл^k_{обн} + Вр^k_{обн} \cdot ПР^k_{рФ/неРФ}}$ <p>Оценка стратегической целесообразности ЦД:</p>

Продолжение Таблицы 2. Методический подход к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА.

	$СЦ_{\text{РФ/неРФ}} = \sum_{k=1}^N \theta_k \cdot СЦ_{\text{РФ/неРФ}}^k, \sum \theta_k = 1$		
	θ_k – значимость изменений каждого компонента ЦД		
Шкала оценки разработанных показателей:			
Показатель	Негативная оценка	Средняя оценка	Положительная оценка
Производственный риск $ПР_{\text{РФ/неРФ}}$	(20;30)	[10;20)	[1;10)
Тактическая целесообразность $ТЦ_{\text{РФ/неРФ}}$	(0; 0.3)	[0.3; 0.6)	[0.6; 1]
Стратегическая целесообразность $СЦ_{\text{РФ/неРФ}}$	(0; 0.3)	[0.3; 0.6)	[0.6; 1]

Источник: [Составлено автором]

4. Экономический механизм управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения на основе анализа неопределенностей, отличающийся возможностью повышения скорости реакции на изменения рынка, предпочтения заказчиков авиационной техники, эффективности разработки новой высокотехнологичной продукции авиастроения, посредством моделирования цифровых двойников, технической подготовки производства, вывода продукции на внутренний и внешний рынок. В основе механизма критерии эффективности выбора ВПА для постановки на производство с учётом тактических, стратегических задач и факторов неопределённости.

Разработанные в соответствии с задачами исследования методический инструментарий и методический подход составляют базис механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции. На начальном этапе проектирования механизма проводится анализ видов композитных материалов используемых в авиастроении с целью их использования для оптимизации лётных характеристик, стоимости производства. Проводится оценка внутренних, внешних факторов неопределенности производства, требований к характеристикам высокотехнологичной продукции. Для обработки данных применяется нейросетевое моделирование, позволяющее сформировать пространство цифровых двойников ВПА из которых, на основе критериальных значений тактической и стратегической целесообразности, обосновывается ЦД для производства. Стадия определения тактической и стратегической целесообразности создания разработанных ЦД основывается на:

- результатах анализа влияния изменений по материалам и компонентам на лётные характеристики;
- результатах анализа сложности производства компонент ЦД в РФ и других странах (с учётом сложности обновления производственной базы, подготовки кадров, стоимости, время обновления);
- результатах анализа производственного риска создания разработанного ЦД в РФ и других странах.

В результате работы экономического механизма проводится выбор ВПА из пространства ЦД для производства. Принимаются управленческие решения: по использованию и интеграции новых современных материалов и технологий при создании ВПА, выбор (модернизация) производственной базы предприятий, производящих необходимые материалы, компоненты, системы для ВПА. Разработанный экономический механизм управления разработкой ВПА на основе анализа неопределенности представлен на рисунке 2. Эффект предложенного экономического механизма управления разработкой ВПА состоит в уточнении существующих методов оценки инновационных проектов показателями тактической и стратегической целесообразности производства разработанной АТ.

Вследствие практической реализации методического инструментария оценки внутренних и внешних факторов неопределенности, методического подхода к оценке тактической и стратегической целесообразности производства разработанной ВПА на примере БПЛА было сформировано пространство ЦД. Определён производственный риск, тактическая и стратегическая целесообразность крыла, фюзеляжа, оперения по разработанному инструментария. Выбор ЦД для производства производился на основе разработанных критериев тактической и стратегической целесообразности. Результаты приведены в таблице 3.

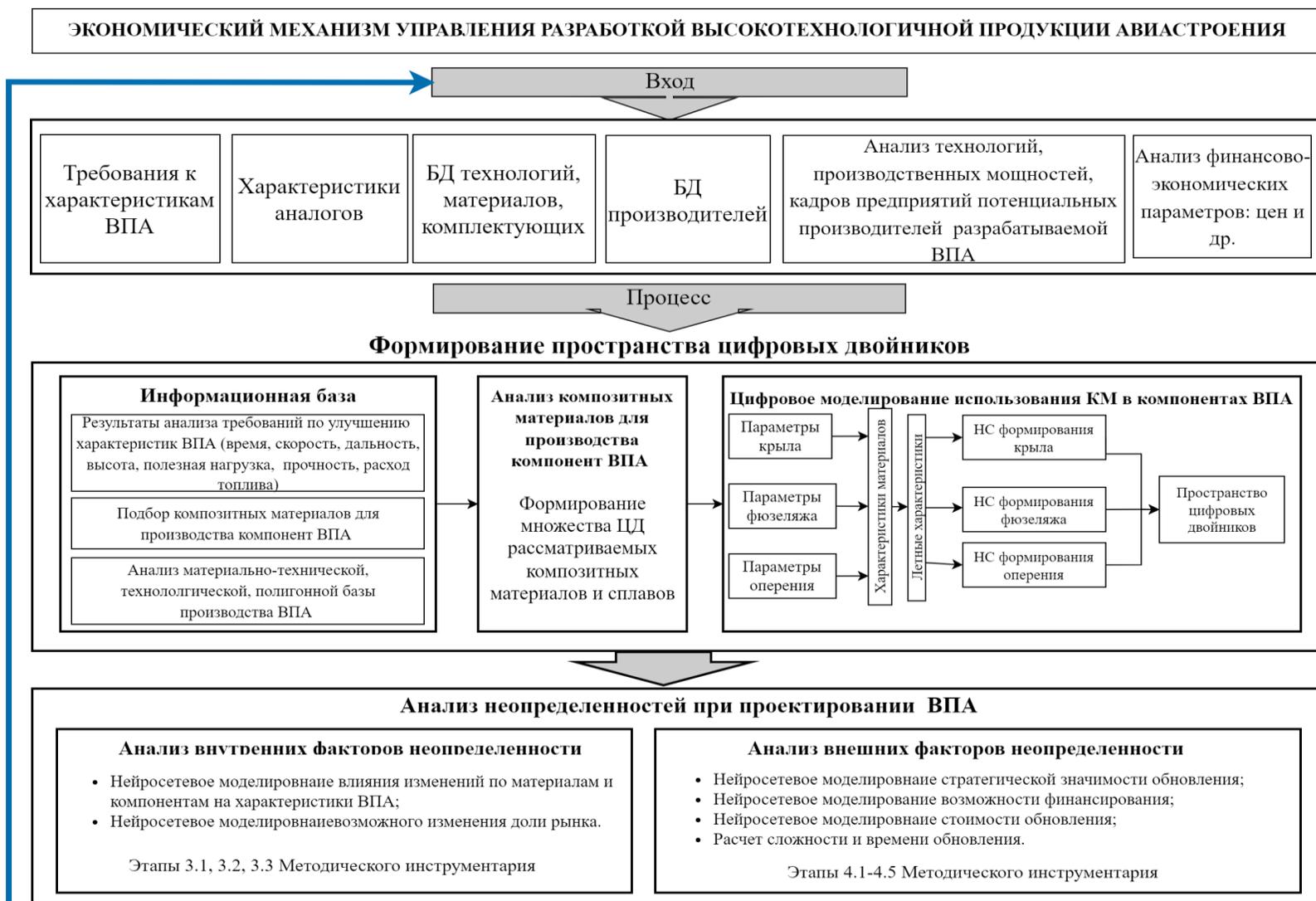


Рисунок 2 – Структура экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения

Источник: [Составлено автором]



Продолжение Рисунка 2 – Структура экономического механизма управления разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения
Источник: [Составлено автором]

Таблица 3. Оценка тактической и стратегической целесообразности для ЦД1 и ЦД3

Показатели	ЦД1	ЦД1 крыло	ЦД1 фюзеляж	ЦД1 оперение	ЦД3	ЦД3 крыло	ЦД3 фюзеляж	ЦД3 оперение
Тактическая целесообразность производства в РФ (этап 3 Методического подхода)	0,21	0,07	0,25	0,01	0,95	0,98	0,88	0,83
Стратегическая целесообразность производства в РФ (этап 4 Методического подхода)	0,90	0,70	0,91	0,51	0,72	0,99	0,96	0,96

Источник: [Составлено автором]

С точки зрения тактической целесообразности необходимо производить ЦД3, организовав производство в РФ, в соответствии с показателем стратегической целесообразности рекомендуется запуск в производство ЦД1. Проведена оценка эффективности производства ЦД1 по существующим критериям (Таблица 4).

Таблица 4. Критерии эффективности проекта производства ЦД 1

NPV	-121,57
MIRR	8,50%
PI	0,54
PPS	12,79
PPD	19,43

Источник: [Составлено автором]

Таким образом, вследствие высокой стоимости замены оборудования производство ЦД1 не выгодно по существующей системе критериев. Однако в расчётах не учитываются влияния изменений по материалам, конструкции ЛА на степень изменения лётных характеристик. Значение стратегической целесообразности ЦД1, полученное вследствие применения разработанного подхода и методического инструментария показывает, что производство и реализация ЦД1 позволит обновить производственную базу, апробировать новые композитные материалы, а в итоге удерживать конкурентные преимущества разрабатываемого БПЛА в перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общим итогом диссертационного исследования является развитие теоретических и методических подходов к управлению разработкой высокотехнологичной продукции авиастроения в условиях неопределённости с использованием цифровых инструментов.

Задачи теоретического характера решены введением понятий «тактическая целесообразность производства», «стратегическая целесообразность производства», классификацией внутренних и внешних факторов неопределённости, установленной зависимостью оптимизации компонент авиационной техники посредством цифровых инструментов, возможностью производства и эффективностью разработки высокотехнологичной продукции, а также формированием концептуальной модели управления разработкой ВПА.

Задачи методического характера достигнуты за счет предложенного методического инструментария оценки внутренних и внешних факторов неопределенности при производстве разработанной ВПА, методического подхода к оценке тактической и стратегической целесообразности производства, разработанной структуры экономического механизма управления разработкой ВПА на основе анализа неопределённостей. Результаты работы могут быть использованы для оценки эффективности разработки ВПА, обоснования управленческих решений, связанных с модернизацией производства. Эффект предложенного экономического механизма управления разработкой ВПА состоит в уточнении существующих методов оценки инновационных проектов показателями тактической и стратегической целесообразности производства разработанной АТ.

Развитие научно-практических результатов диссертационного исследования может быть направлено на интеграцию разработанных нейросетевых моделей формирования ЦД и оценки эффективности производственных возможностей в общую систему отраслевого искусственного интеллекта. Практическое применение результатов исследования позволит совершенствовать процесс принятия управленческих решений в области разработки и производства ВПА.

Результаты диссертационного исследования апробированы на предприятии ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, что подтверждается справкой о внедрении.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Бобков И.А. Экономический инструментарий анализа цифровых двойников инновационной продукции авиастроения / И.А. Бобков // Прогрессивная экономика.- 2023. - № 11, С. 19-33.

2. Бобков И.А. Методический подход к экономическому обоснованию целесообразности формирования цифровых двойников БПЛА / И.А. Бобков // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2023. - № 4. С.154-158.

3. Бобков И.А., Бурдина А.А., Нехрест-Бобкова А.А. Прогнозирование налоговых платежей на основе нейросетевого моделирования / И.А. Бобков, А.А. Бурдина, А.А. Нехрест-Бобкова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2023. - № 2. - С. 138-143.

4. Бобков И.А., Бурдина А.А., Нехрест-Бобкова А.А. Разработка нейросетевого фильтра для системы анализа новостных заголовков как подсистемы экономической безопасности предприятия авиационной промышленности / И.А. Бобков, А.А. Бурдина, А.А. Нехрест-Бобкова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2023.- № 1. - С. 69-74.

5. Бобков И.А., Бурдина А.А., Нехрест-Бобкова А.А. Перспективы использования технологий искусственного интеллекта для анализа новостных заголовков с целью прогнозирования // Социальные и экономические системы. 2022 №6-4 (33). С. 263-279.

В одном научном журнале, индексируемом в базе данных Scopus:

6. Burdina A.A., Bobkov I. A., Burdin S. S., Nekhrest-Bobkova A. A. Neural Network Derivation of Optimal Digital Twins for Innovative Alloys and Composites // Russian Engineering Research, 2023, Vol. 43, No. 10, pp. 1306–1309.

В иных издательствах:

7. Бобков И.А., Бурдина А.А., Нехрест-Бобкова А.А. Моделирование неопределенности при помощи нейронных сетей / И.А. Бобков, А.А. Бурдина, А.А. Нехрест-Бобкова // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2023. Т. 15. № 1. С. 45-59.

8. Бобков И.А. Механизм управления разработкой инновационной продукции авиастроения / И.А. Бобков // *Экономика и предпринимательство*. - 2023. - № 9, С. 595-599.

9. Бурдина А.А., Бобков И.А., Бурдин С. С., Нехрест-Бобкова А.А. Формирование оптимального цифрового двойника инновационных сплавов и композитных материалов на основе нейросетевого моделирования / А.А. Бурдина, И.А. Бобков, С.С. Бурдин, А.А. Нехрест-Бобкова // *СТИН – 2023* - № 9, С. 58-61.

10. Бурдина А.А., Бобков И.А., Нехрест-Бобкова А.А. Оптимизация себестоимости производства крыла летательного аппарата при помощи нейронных сетей // *Экономика и предпринимательство*. 2022. № 12 (149). С. 674-677.

Свидетельства о государственной регистрации:

1. Бобков И.А., Нехрест-Бобкова А.А., Бурдина А.А. // Программа для определения оптимальных компонент авиационной техники "ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК" // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023611745, 24.01.2023. Заявка № 2023610642 от 16.01.2023.