

На правах рукописи



**Набиева Диана Гумяровна**

**Экономический механизм комплексной оценки разработки и реализации  
критических и сквозных технологий в двигателестроении**

Специальность 5.2.3. - Региональная и отраслевая экономика  
(экономика промышленности)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Москва – 2026

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

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

Официальные оппоненты: **Чеботарев Станислав Стефанович**  
доктор экономических наук, профессор  
начальник отдела методологических и экономических исследований  
АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры им. академика В.С. Семенихина»,  
**Андреев Владимир Николаевич**  
доктор экономических наук, доцент  
профессор кафедры финансового менеджмента  
ФГАОУ ВО "МГТУ "СТАНКИН"

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

Защита состоится «25» мая 2026 года в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета 24.2.327.10 при ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по адресу: г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, корпус 5, Зал заседаний ученого совета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, МАИ, ученому секретарю диссертационного совета Пушкаревой Марии Борисовне и по электронной почте ds-econ@mai.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и на сайте: [https://mai.ru/events/defence/?ELEMENT\\_ID=186926](https://mai.ru/events/defence/?ELEMENT_ID=186926)

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.327.10,  
к.э.н., доцент



М.Б. Пушкарева

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Одной из основных целей развития российской авиационной промышленности (далее – АП), в частности двигателестроения является повышения уровня технологической независимости, укрепления технологического суверенитета особенно в секторе критических и сквозных (далее – КС) технологий. Достижение поставленной государством цели опосредуется решением задач в области разработки и внедрения новых технологий в двигателестроении; создания новых двигателей на основе цифровых аналогов, удовлетворяющих современным требованиям, создания стратегически значимых конструкционных материалов для авиа и двигателестроения, внедрения цифрового моделирования в процесс разработки, модернизации производственной базы. Реализация указанных задач требует адаптивности разработчиков, производителей высокотехнологичной продукции (далее – ВТП) авиастроения, двигателестроения к динамике рыночной конъюнктуры, изменениям предпочтений заказчиков авиационной техники (далее – АТ). Необходимо определять различные виды эффектов от разработки, реализации КС технологий для науки, продукции, предприятий изготовителей, государства. Кроме того, необходимо учитывать эффективность разработки и реализации технологий с учетом комплексных рисков, включая финансовые, производственные и технологические АТ, предприятий изготовителей и государства. Перечисленные обстоятельства обосновывают актуальность разработки экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросы экономической оценки разработки и реализации технологий, эффективности НИОКР 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. Проблемы, механизмы, технологии управления процессами в организациях изучены исследователями М. Вебером, М. Портером, Ф. Тейлором, И. Фишером. Анализу проблем разработки высокотехнологичной продукции, модернизации, анализу рисков посвящены труды Г. Армстронга, А.Г. Бадаловой, Б. Банди, П.Г. Белова, Д.Б. Берга, Р.С. Голова, Д. Гэлаи, Ю.Я. Еленевой, А.Т. Зуб, А.П. Ковалёва, Ф. Котлера, Н.Ш. Кремера, Р.А. Фатхутдинова и др. Однако вопросы комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий на

примере двигателестроения, подготовки производства, оценки уровня технологической независимости требуют углубленного изучения в условиях цифровой среды.

**Объектом исследования** в диссертации являются предприятия двигателестроения, занимающиеся разработкой и реализацией критических и сквозных технологий.

**Предметом исследования** определен процесс оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении.

**Цель исследования** заключается в формировании структуры механизма комплексной оценки критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа рисков. Достижение цели исследования требует решения поставленных задач, последовательно раскрывающих тему диссертации:

1. Провести анализ тенденций и особенностей развития двигателестроения в условиях цифровизации и необходимости укрепления экономического и технологического суверенитета России;
2. Обосновать методический подход к оценке полезности разработки критических и сквозных технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска;
3. Разработать методический инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении;
4. Предложить структуру экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска;
5. Выполнить апробацию экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве.

**Методология и методы** исследования обусловлены результатами актуальных научных работ отечественных и зарубежных исследователей в области оценки технологий, эффективности НИР и ОКР, производственного менеджмента, анализа рисков при принятии решений, использованием теоретико-методологической базы системного, субъектно-ориентированного, процессного, ситуационного, цен-

ностно-ориентированного подходов, статистического анализа а также теории вероятности, нейросетевого моделирования, институциональной экономической теории и теории рисков.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в теоретическом обосновании, формировании экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска. В результате исследований получены следующие научные результаты, соответствующие критериям новизны:

1. Предложена классификация экономических параметров оценки критических и сквозных (далее КС) технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска производства АТ, отличающаяся выделением параметров полезности и рисков разработанной технологии для науки, ВТП, в которой используется технология, предприятий производителей, экономического и технологического развития смежных отраслей, технологического суверенитета государства.
2. Сформирован методический подход к оценке полезности разработки критических и сквозных технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска посредством нейросетевого моделирования, применение которого, в отличие от существующих подходов, позволяет дать оценку полезности с учётом рисков разработки КС технологии для науки и техники, для характеристик ВТП, где КС технологии используются.
3. Разработан методический инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении, отличительной особенностью которого является оценка влияния разработанной КС технологии на уровень технологической независимости государства, на характеристики АТ, обоснование целесообразности производства АТ с использованием разработанной технологии, временного, стоимостного фактора. Предложенный инструментарий позволяет оценить реализацию КС технологии с учётом обеспечения производственного, технологического суверенитета двигателестроения РФ в текущей и стратегической перспективе.
4. Предложен экономический механизм комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска, отличающийся возможностью принятия обоснованных решений по внедрению разработанных КС

технологий в процесс производства ВТП авиационной промышленности с учётом требований к продукции на основе анализа изменения характеристик ВТП за счёт использования КС технологий, производственной, полигонной базы предприятий-изготовителей, уровня развития смежных отраслей, технологической независимости государства

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Классификация экономических параметров оценки критических и сквозных технологий в двигателестроении;
2. Методический подход к оценке полезности разработки критических и сквозных технологий в двигателестроении;
3. Методический инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении;
4. Экономический механизм комплексной оценки разработки и реализации КС технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска.

**Степень достоверности результатов** достигается за счет изучения и анализа широкого перечня научных работ по теме исследования, использования репрезентативных данных; применения положений современных научных теорий и методов исследования в процессе подтверждения поставленной автором гипотезы; сопоставительного анализа полученных в исследовании теоретических выводов с результатами их практической апробации.

**Теоретическая и практическая значимость** обоснована тем, что научно-методический базис, теоретические концептуальные основы, методические подходы и выводы, содержащиеся в диссертации, могут быть использованы для совершенствования механизмов оценки эффективности НИОКР, стратегического управления, управления жизненным циклом АТ и эффективного внедрения новых технологий в других производственных отраслях современной экономики России, а также повышения эффективности их деятельности за счет внедрения комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в цифровом пространстве принятия решений. Практическая значимость 7 исследования подтверждается актами о внедрении на предприятиях: ОКБ им. А. Люльки-филиал ПАО «ОДК-УМПО», ОАО «ЛИИП им. Гризобудовой В.С.», АО «ЛИИ им. М.М. Громова»

**Личный вклад автора:** автором определены цели и задачи исследования, лично осуществлен подбор и анализ литературных источников, разработан методический подход к оценке разработки и инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий на примере двигателестроения, проведена их практическая реализация. Выполнен глубокий анализ, обработка и интерпретация полученных результатов, сформулированы выводы и написан текст диссертации. Основные результаты, изложенные в диссертационном исследовании получены соискателем лично или при его непосредственном участии, что подтверждается публикациями.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные научные результаты, полученные в диссертации, были представлены в виде докладов на научных конференциях, в том числе: «Авиация и космонавтика» (г. Москва, 2021г.), «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста» (г. Москва, 2021г.), «Королёвские чтения. XLVI Академические чтения по космонавтике» (г. Москва, 2022г.), «Авиация и космонавтика» (г. Москва, 2022г.), «Королёвские чтения. XLVII Академические чтения по космонавтике» (г. Москва, 2023г.), «Авиация и космонавтика» (г. Москва, 2023г.), «Управление и инновационное развитие предприятия: новые подходы и актуальные исследования (УИРП-2024)» (г. Москва, 2024г.). Результаты диссертационного исследования также были представлены на XV Всероссийском межотраслевом молодёжном конкурсе научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» (г. Москва, ноябрь 2023 г.).

**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. 2.10. Промышленная политика. 2.16. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных 8 предприятиях, отраслях и комплексах.

**Публикации по теме диссертации.** Результаты диссертационного исследования опубликованы в 7 статьях, 5 из которых в рецензируемых научных изданиях из перечня, рекомендованного Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России, 1 статья опубликована в журнале, входящем в реферативную базу данных Scopus.

**Структура диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, состоящего из 138 наименований, и 2 приложений. Общий объем диссертации составляет 190 страницы машинописного текста, включая 61 рисунок и 30 таблиц.

**Во Введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, объект и предмет, определены цели и сформулированы задачи.

**В Главе 1 «Теоретико-методические основы оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий»**

Проведён анализ современного состояния и перспектив развития, тенденций, особенностей развития двигателестроения в условиях необходимости укрепления экономического и технологического суверенитета России. Изучены проблемы оценки эффективности разработки КС технологий, запуска в производство ВТП с использованием новых технологий, оценки реализуемости текущих и перспективных инновационных проектов с учётом внутренних и внешних факторов риска. Дана авторская трактовка понятиям: полезность КС технологии для науки, для характеристик ВТП, для предприятий производителей с учётом рисков.

**В Главе 2 «Формирование экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении»** рассматриваются вопросы анализа подходов разработки и реализации критических и сквозных технологий, определяются факторы полезности и рисков КС технологий для науки, для изменения характеристик АТ, показателей деятельности предприятий производителей, внедряющих разработанные технологии, технологической независимости государства. На основе разработанного методического подхода к оценке полезности разработки критических и сквозных технологий и методического инструментария оценки реализации КС технологий в двигателестроении определяется структура экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в условиях неопределённости, стоимостного, временного фактора, меняющихся требований заказчиков.

**В Главе 3 «Практическая реализация экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении»** представлены результаты реализации методиче-

ского подхода к оценке полезности разработки технологии многокритериальной оптимизации компрессора двигателя, турбины газогенератора и свободной турбины на основе анализа внутренних и внешних факторов риска на основе нейросетового моделирования в условиях меняющихся требований заказчиков, результаты реализации методического инструментария оценки реализации технологии в цифровом пространстве предприятий изготовителей.

**В Заключение** 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.

## **II. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

**1. Предложена классификация экономических параметров оценки критических и сквозных технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска производства АТ, отличающаяся выделением параметров полезности и рисков разработанной технологии для науки, ВПК, в которой используется технология, предприятий производителей, экономического и технологического развития смежных отраслей, технологического суверенитета государства.**

В Указе президента РФ «Стратегия НТР России» в качестве цели отмечена переориентация на передовые цифровые и интеллектуальные технологии производства, использование роботизированных систем; переход к использованию новых материалов и методов проектирования. В соответствии с федеральным законом N 523-ФЗ о технологической политике в РФ введены понятия критических и сквозных технологий. Ключевым инструментом достижения технологической независимости определены проекты технологического суверенитета, которые охватывают полный инновационный цикл создания высокотехнологичной продукции на базе собственных разработок, с использованием критических и сквозных технологий. То есть производимая АТ должна иметь конкурентные преимущества в текущем и перспективном периоде для решения тактических и стратегических задач.

Основными целями разработки и внедрения критических и сквозных технологий в соответствии с законодательством являются: обеспечение лидерства РФ в области значимых технологий; обеспечение конкурентоспособности ВТП, созданной на основе российских КС технологий; создание условий для экономического развития, обеспечения конкуренции и др. Вследствие разработки и внедрения КС технологий Правительством прогнозируется снижение коэффициента технологической зависимости РФ с 56,5% в 2025 году до 27,3% в 2030 году, в частности, за счёт разработки и внедрения КС технологий в системно значимых отраслях промышленности (машиностроение, авиастроение, двигателестроение), вследствие роста затрат на исследования и разработки до 146,3% в 2030 к уровню 2022 года (рисунок 1.1.)



Рисунок 1.1 – Планируемая динамика коэффициента технологической зависимости и темпа роста затрат на исследования и разработки

Проведён анализ перспектив развития отрасли двигателестроения в РФ. Планируется внедрение двигателей ПД-8, ПД-14 (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Прогноз производства двигателей в РФ

Основными направлениями КС технологий являются: технологии в двигателестроении, технологии обработки и передачи данных (инновационное промышленное программное обеспечение и универсальные системные платформы, технологии доверенного цифрового взаимодействия и кибербезопасности, нейротехнологии, квантовые вычислительные системы и квантовое моделирование, а также виртуальная и дополненная реальности, технологии ИИ, в том числе машинное обучение, когнитивные системы и интеллектуальную аналитика, новые производственные технологии (технологии создания компонентов для робототехники и мехатронных систем, разработка и моделирование новых материалов и веществ с заданными свойствами). Проведена классификация параметров оценки критических и сквозных технологий на основе анализа внутренних и внешних факторов риска: полезность КС технологии для науки и техники, для характеристик ВТП, предприятий производителей, полезность внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства. Под полезностью разработки и реализации технологии в исследовании понимается комплексный показатель изменения характеристик продукции, использующей технологию, предприятий изготовителей, уровня технологической независимости гос-

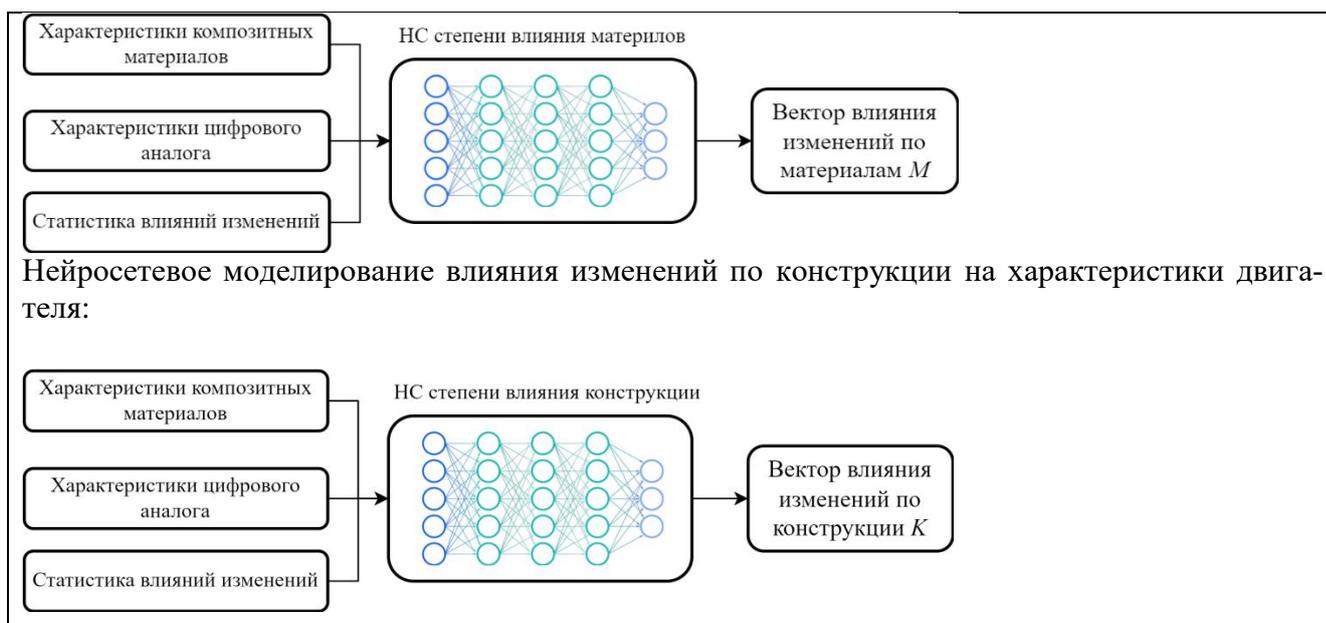
ударства, оцениваемый в соответствии с разработанной шкалой. Исследование основано на гипотезе многофакторности рисков как следствия проявления факторов неопределённости. Цифровые аналоги предлагается рассматривать для моделирования полезности и рисков разработки и реализации КС технологий. Изучена модель «Виртуального стенда», позволяющая удовлетворить требования газодинамической эффективности, прочности, массы и других параметров двигателя. Определена проблема многодисциплинарной оптимизации узлов авиационного двигателя, изучена технология её решения в цифровом пространстве виртуального стенда, в частности, технология формирования геометрических моделей лопаток компрессора авиационного двигателя.

**2. Сформирован методический подход к оценке полезности разработки критических и сквозных технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска посредством нейросетевого моделирования, применение которого, в отличие от существующих подходов, позволяет дать оценку полезности с учётом рисков разработки КС технологии для науки и техники, для характеристик ВТП, где КС технологии используются.**

Этапы разработанного методического подхода к оценке полезности разработки КС технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска посредством нейросетевого моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Методический подход к оценке полезности разработки КС технологий в двигателестроении

<b><u>1. Аналитический этап</u></b>	
Анализ нормативной правовой базы и методик оценки разработки и реализации КС технологий	Анализ требований по улучшению характеристик двигателей
Анализ характеристик ВТП : - Тип двигателя; - Расход воздуха; - Тяга; - Относительный расход топлива; - Мощность.	Формирование баз данных по - композитным материалам; - технологиям; - оборудованию.
<b><u>2 этап. Разработка КС технологии посредством физико-математического моделирования, формирование цифровых аналогов</u></b>	
Формирование пространства цифровых аналогов двигателя на основе цифрового моделирования использования композитных материалов, комплектующих. <b>Оценка влияния изменения материалов, конструкции ЦД на характеристики двигателя:</b>	



Нейросетевое моделирование влияния изменений по конструкции на характеристики двигателя:

<b>3 этап. Оценка полезности разработки КС технологии с учётом рисков для науки</b>	
Оценка компонент полезности разработанной КС технологии в двигателестроении $\text{Пнт}_i(X)$	Оценка факторов риска разработки КС технологии в двигателестроении $\text{Рнт}_i(X)$
<p>КПД; Изменение системы охлаждения; Повышение экономичности двигателя; Увеличение тяги двигателя при минимальном расходе топлива с ростом высоты; Снижение удельного расхода топлива; Снижение лобового сопротивления воздухозаборника и др.</p>	<p>Температура; Посадочная дистанция; Траектория взлёта; Набор высоты; Вибрация и бафтинг; Шум; Нагрузки; Прочность и деформация; Расчетные веса и положения центра тяжести и др.</p>
<p><b>Определение показателя полезности разработанной КС технологии для науки <math>\text{Пнт}(X)</math></b></p> $\text{Пнт}(X) = \sqrt[n1]{\prod_{i=1}^{n1} \text{Пнт}_i(X)}$ <p><math>\text{Пнт}_i(X)</math> –экспертная оценка i-ой компоненты полезности разработанной КС технологии в двигателестроении для науки в соответствии с разработанной шкалой; <math>n1</math>- число компонент полезности разработанной КС технологии для науки; <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.);</p>	<p><b>Определение уровня риска разработанной КС технологии для науки <math>\text{Рнт}(X)</math></b></p> $\text{Рнт}(X) = \sqrt[m1]{\prod_{i=1}^{m1} \text{Рнт}_i(X)}$ <p><math>\text{Рнт}_i(X)</math> –экспертная оценка i-го фактора риска разработанной КС технологии в двигателестроении в соответствии с разработанной шкалой; <math>m1</math>- число факторов риска разработанной КС технологии для науки; <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.);</p>
Оценка полезности разработанной КС технологии для науки $\text{Пнт}(X)$ в соответствии с разработанной шкалой	Оценка уровня риска разработки КС технологии для науки $\text{Рнт}(X)$ в соответствии с разработанной шкалой

<p><b>Определение и оценка показателя полезности разработки КС технологии для науки с учётом риска в соответствии с разработанной шкалой ПРнт(X)</b></p> $ПРнт(X) = Пнт (X) * Рнт (X)$						
Оценка полезности	отрицательная	без изменения	низкая	средняя	выше среднего	высокая
Значение показателя полезности	[0,7;1)	1	(1;1,15)	[1,15;1,35)	[1,35;1,55)	[1,55;1,7]
<p><b>4 этап. Оценка полезности разработанной КС технологии для характеристик ВТП с учётом рисков</b></p>						
<p><b>Оценка параметров полезности КС технологии для характеристик ВТП <math>Пп_i(X)</math></b></p> <p>Масса; Скорость; Манёвренность; Летные характеристики; Надёжность; Характеристики систем, обеспечивающих управление ВТП и др.</p>			<p><b>Оценка факторов риска при реализации КС технологии в ВТП <math>Рп_i(X)</math></b></p> <p>Риск ухудшения летных характеристик; Риск ухудшения надёжности; Риск ухудшения характеристик систем, обеспечивающих управление ВТП; Риск ухудшения общих характеристик и др.</p>			
<p><b>Определение показателя полезности КС технологии для характеристик ВТП <math>Пп(X)</math></b></p> $Пп(X) = \sqrt[n_2]{\prod_{i=1}^{n_2} Пп_i(X)}$ <p><math>Пп_i(X)</math> –экспертная оценка i-ой компоненты полезности разработанной КС технологии в двигателестроении для характеристик ВТП в соответствии с разработанной шкалой; <math>n_2</math>- число компонент полезности разработанной КС технологии для характеристик ВТП; <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.).</p>			<p><b>Определение уровня риска КС технологии для характеристик ВТП <math>Рп(X)</math></b></p> $Рп(X) = \sqrt[m_2]{\prod_{i=1}^{m_2} Рп_i(X)}$ <p><math>Рп_i(X)</math> –экспертная оценка i-го фактора риска разработанной КС технологии в двигателестроении для характеристик ВТП в соответствии с разработанной шкалой; <math>m_2</math>- число факторов риска разработанной КС технологии для характеристик ВТП; <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.).</p>			
<p><b>Оценка полезности КС технологии для характеристик ВТП в соответствии с разработанной шкалой <math>Пп(X)</math></b></p>			<p><b>Оценка уровня риска КС технологии для характеристик ВТП в соответствии с разработанной шкалой <math>Рп(X)</math></b></p>			
<p><b>Определение и оценка показателя полезности разработки КС технологии для характеристик ВТП с учётом рисков в соответствии с разработанной шкалой ПРп(X)</b></p> $ПРп(X) = Пп (X) * Рп (X)$						

Оценка риска	Снижение риска	Риск без изменения	Увеличение риска ниже среднего	Среднее увеличение риска	Высокое увеличение риска	Критическое увеличение риска
Значение показателя уровня риска	(1;1,2]	1	(1;0,95)	[0,95;0,85)	[0,85;0,75)	[0,75;0,7]

**3. Разработан методический инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении, отличительной особенностью которого является оценка влияния разработанной КС технологии на уровень технологической независимости государства, на характеристики АТ, обоснование целесообразности производства АТ с использованием разработанной технологии, временного, стоимостного фактора.**

Разработан формализованный методический инструментарий оценки реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении на основе системы показателей, включающей показатель изменения уровня технологической независимости, позволяющий проводить комплексную оценку разработки и реализации критических и сквозных КС технологий, представленный в таблице 2.

Таблица 2 - Методический инструментарий оценки реализации КС технологий в двигателестроении

<b><u>Блок 1. Оценка полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя с учётом рисков Ппр(X)</u></b>	
<b>Оценка компонент полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия-производителя <math>Ппр_i(X)</math></b>	<b>Оценка факторов риска реализации КС технологии для ВТП и предприятия-производителя <math>Рпр_i(X)</math></b>
Требования заказчиков к ВТП, использующей технологию; Характеристики ВТП конкурентов; Спрос на ВТП с использованием новой технологии; Изменение объёма реализации ВТП, использующей технологию; Финансово-экономические показатели предприятия и др.	Сложность, финансовая возможность, время изменения производственной базы; Сложная финансовая возможность, время Изменения материально-технической базы; Риск высокой стоимости производства ВТП с использованием технологии; Риск некупаемости производства ВТП с использованием технологии; Риск снижения надёжности ВТП от внедрения технологии и др.
<b>Определение показателя полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя <math>Ппр(X)</math></b> $Ппр(X) = \sqrt[n_1]{\prod_{i=1}^{n_1} Ппр_i(X)}$ $Ппр_i(X)$ –экспертная оценка i-той компоненты полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя в соответствии с разработанной шкалой; $n_3$ - число компонент полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя; $X$ - вектор входных параметров (композитные материалы и др.);	<b>Определение уровня риска реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя <math>Рпр(X)</math></b> $Рпр(X) = \sqrt[m_1]{\prod_{i=1}^{m_1} Рпр_i(X)}$ $Рпр_i(X)$ –экспертная оценка i-того фактора риска реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя в соответствии с разработанной шкалой; $m_3$ - число факторов риска реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя; $X$ - вектор входных параметров (композитные материалы и др.);
<b>Оценка полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя <math>Ппр(X)</math> в соответствии с разработанной шкалой</b>	<b>Оценка уровня риска реализации КС технологии для ВТП и предприятия производителя <math>Рпр(X)</math> в соответствии с разработанной шкалой</b>
<b>Определение и оценка показателя полезности реализации КС технологии для ВТП и предприятия-производителя с учётом риска в соответствии с разработанной шкалой <math>ПРпр(X)</math></b> $ПРпр(X) = Ппр(X) * Рпр(X)$	
<b><u>Блок 2. Оценка полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства с учётом рисков Птн(X)</u></b>	
<b>Оценка параметров полезности внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства <math>Птн_i(X)</math></b>	<b>Оценка факторов риска внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства <math>Ртн_i(X)</math></b>

<p>Спрос на продукцию, услуги в смежных отраслях вследствие новой технологии;          Развитие ИИ (формирование ЦД);          Увеличение занятости;          Создание новых направлений труда;          Увеличение налогов;          Наращивание потенциала РФ в области фундаментальных и прикладных исследований;          Модернизация производственной базы организаций, увеличение объемов выпускаемой ВТП;          Обеспечение устойчивого развития реального сектора экономики, создание высокотехнологичных производств, новых отраслей экономики, рынков товаров и услуг на основе КС технологий.</p>	<p>Риск неизменения (ухудшения) технологической зависимости;          Риск не формирования долгосрочного спроса и предложения ВТП с использованием технологии;          Риск недополучения технологического лидерства вследствие долгого внедрения технологии;          Риск низкой стратегической значимости (отсутствия потенциала);          Риск недополучения промышленного эффекта от реализации технологии (развитию смежных производств);          Экологический риск;          Финансовый риск (субсидии).</p>
<p>Определение показателя полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства <math>P_{тн}(X)</math></p> $P_{тн}(X) = \sqrt[n^4]{\prod_{i=1}^{n^4} P_{тн_i}(X)}$ <p><math>P_{тн_i}(X)</math> – экспертная оценка i-ой компоненты полезности внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства в соответствии с разработанной шкалой;  <math>n^4</math>– число компонент полезности внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства;  <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.);</p>	<p>Определение уровня риска внедрения КС технологии для развития смежных отраслей улучшения технологической независимости государства <math>R_{тн}(X)</math></p> $R_{тн}(X) = \sqrt[m^4]{\prod_{i=1}^{m^4} R_{тн_i}(X)}$ <p><math>R_{тн_i}(X)</math> – экспертная оценка i-го фактора риска внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства в соответствии с разработанной шкалой;  <math>m^4</math>– число факторов риска внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства;  <math>X</math>- вектор входных параметров (композитные материалы и др.);</p>
<p>Оценка полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства в соответствии с разработанной шкалой <math>P_{тн}(X)</math></p>	<p>Оценка уровня риска внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства в соответствии с разработанной шкалой <math>R_{тн}(X)</math></p>
<p><b>Оценка показателя изменения технологической независимости от внедрения КС технологии с учётом рисков и экономических факторов в соответствии с разработанной шкалой <math>PR_{тн}(X)</math></b></p> $PR_{тн}(X) = P_{тн}(X) * R_{тн}(X)$	
<p><b>Блок 3. Комплексная оценка разработки и реализации критических и сквозных КС технологий в двигателестроении в соответствии с разработанной шкалой (<math>PRPT(X)</math>)</b></p> $PRPT(X) = PR_{нт}(X) * B_1 + PR_{п}(X) * B_2 + PR_{пр}(X) * B_3 + PR_{тн}(X) * B_4$	

$B_i$ - значимость для оценки полезности разработки КС технологии для науки и техники, для характеристик ВТП, финансово-экономических показателей предприятия производителя, изменения технологической независимости государства от внедрения КС технологии с учётом рисков и экономических факторов. Определяется экспертным путём.						
Шкала показателя изменения технологической независимости с учётом рисков и экономических факторов						
Оценка изменения технологической независимости с учётом рисков и экономических факторов	отрицательная	без изменений	низкая	средняя	выше среднего	Высокая
Значение показателя изменения технологической независимости с учётом рисков и экономических факторов	менее 1	1	(1;1,15)	[1,15;1,35)	[1,35;1,55)	более 1,55

Разработанные показатели оценки полезности разработки КС технологии для науки и техники, полезности для ВТП, предприятий-изготовителей с учётом рисков, оценка полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства с учётом рисков, а также показатель комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий целесообразно использовать для управления системой разработки и реализации КС технологий, обоснования финансирования, прогнозирования уровня технологического развития отрасли двигателестроения с учётом экономических факторов и рисков.

**4. Предложен экономический механизм комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска, отличающийся возможностью принятия обоснованных решений по внедрению разработанных КС технологий в процесс производства ВТП авиационной промышленности с учётом требований к продукции на основе анализа изменения характеристик ВТП за счёт использования КС технологий, производственной, полигонной базы предприятий-изготовителей, уровня развития смежных отраслей, технологической независимости государства.**

Разработанные в соответствии с задачами исследования методический подход и инструментарий составляют базис экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации КС технологий в двигателестроении. Разработан-

ные процедуры оценки полезности технологии для науки и техники, для характеристик ВТП двигателестроения с учётом рисков, для предприятия-производителя, а также подход к оценке изменения технологической независимости государства от внедрения технологии с учётом рисков и экономических факторов позволяют обосновать возможность выполнения контактов на производство АТ с необходимыми характеристиками. Механизм отличается возможностью повышения скорости реакции на изменяющиеся требования к продукции в тактическом и стратегическом направлении. Следствием работы механизма является система управленческих решений по разработке и реализации КС технологий в разрезе: пилотируемые комплексы, двигатели, двигательные и энергетические установки, в т.ч. составные части, конструкция, прочность и материаловедение, решений, связанных с обоснованием разработки, целесообразности реализации КС технологии, финансирования производства ВТП с использованием КС технологий, интеграции новых материалов и технологий. Разработанный экономический механизм комплексной оценки разработки и реализации КС технологий в двигателестроении представлен на рисунке 3. Эффект предложенного экономического механизма состоит в выполнении требований нормативных документов по разработке методик определения показателя уровня технологического суверенитета, уровня технологической независимости, а также в уточнении существующих методов оценки разработки и реализации КС технологий показателями полезности технологии для науки и техники, для ВТП, предприятий-изготовителей с учётом рисков, полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, показателем изменения технологической независимости государства с учётом рисков, а также показателем комплексной оценки разработки и реализации КС технологий.

Изучение особенностей современных технологий в двигателестроении показало, что сложность разработки многорежимных двигателей для сверхзвуковых самолетов обусловлена принципиальной противоположностью требований к их работе на различных режимах. Развитие технологий в двигателестроении привело к созданию трёхконтурных ДИП. Наиболее перспективными являются трехконтурные двигатели с адаптивным вентилятором. Исследована разработанная ОКБ им.

А.Люльки-филиал ПАО «ОДК-УМПО» и МАИ критическая технология многокритериальной оптимизации компрессора авиационного двигателя, турбины газогенератора и свободной турбины (рисунок 4). Результаты практической реализации экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации технологии представлены в таблице 3.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ КС ТЕХНОЛОГИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

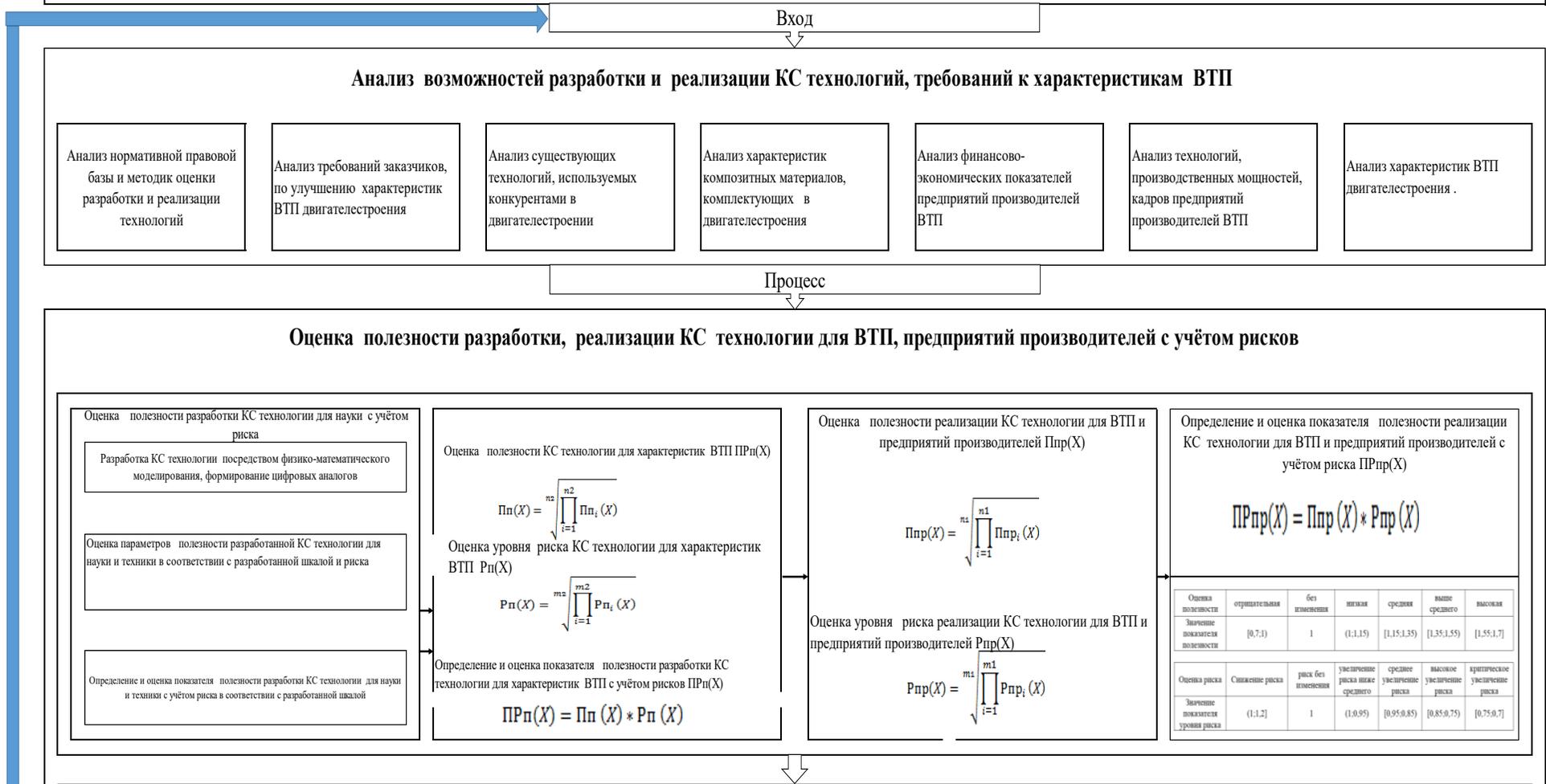


Рисунок 3 – Структура экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении

**Оценка полезности внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства с учётом рисков**

Оценка параметров полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства  $P_{тн_i}(X)$

Оценка факторов риска внедрения КС технологии для улучшения технологической независимости государства

$R_{тн_i}(X)$

Оценка рисков  $R_{тн}(X)$  и полезности внедрения КС технологии для развития смежных отраслей, улучшения технологической независимости государства  $P_{тн}(X)$

$$P_{тн}(X) = \sqrt[n_4]{\prod_{i=1}^{n_4} P_{тн_i}(X)}$$

$$R_{тн}(X) = \sqrt[m_4]{\prod_{i=1}^{m_4} R_{тн_i}(X)}$$

Оценка показателя изменения технологической независимости от внедрения КС технологии с учётом рисков и экономических факторов в соответствии с разработанной шкалой

$$P_{Ртн}(X) = P_{тн}(X) * R_{тн}(X)$$

Комплексная оценка разработки и реализации КС технологии в двигателестроении в соответствии с разработанной шкалой (ПРРТ(X))

$$P_{РРТ}(X) = P_{Рнт}(X) * B_1 + P_{Рп}(X) * B_2 + P_{Рпр}(X) * B_3 + P_{Ртн}(X) * B_4$$

Оценка изменения технологической независимости с учётом рисков и экономических факторов	отрицательная	без изменений	низкая	средняя	выше среднего	высокая
Значение показателя изменения технологической независимости с учётом рисков и экономических факторов	менее 1	1	(1;1,15)	[1,15;1,35)	[1,35;1,55)	более 1,55

(X<sup>т</sup>)

Выход

**Управление системой разработки и реализации КС технологий**

**Создание и развитие единой цифровой информационно-аналитической платформы - акселератора технологий (цифровых аналогов)**

Критически значимые и сквозные технологии по направлениям

пилотируемые комплексы  
бортовые и наземные комплексы управления и системы  
автоматические космические комплексы, МКА  
двигатели, двигательные и энергетические установки, в т.ч. составные части и комплектующие и их испытания  
системы терморегулирования и жизнеобеспечения  
конструкция, прочность и материаловедение

Управленческие решения

обоснование реализации разработанной технологии  
обоснование лётных испытаний и эксплуатации  
Обоснование финансирования производства ВПП с использованием КС технологий  
формирование сервисов и сопровождающих услуг  
перераспределения ресурсов на ранние стадии ЖЦ  
рекомендации по интеграции новых материалов и технологий  
выбор (создание) предприятий, производящих необходимые материалы, компоненты, системы

Продолжение рисунка 3– Структура экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации критических и сквозных технологий в двигателестроении

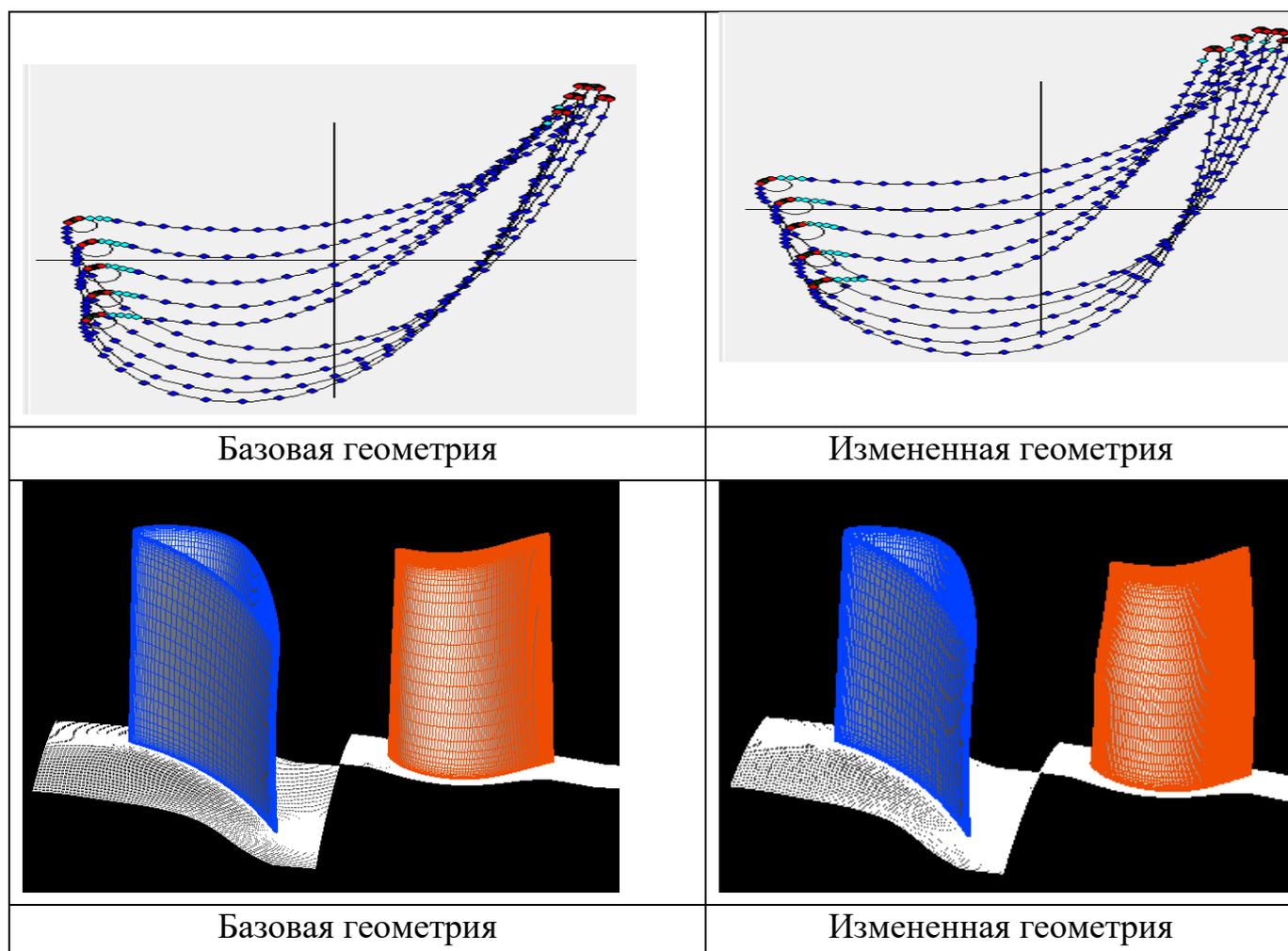


Рисунок 4 - Сравнение геометрии рабочего колеса в программном комплексе

Autogrid

Таблица 3 – Реализация экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации КС технологии многокритериальной оптимизации компрессора авиационного двигателя, турбины газогенератора и свободной турбины на ОКБ им. А.Льюльки-филиал ПАО «ОДК-УМПО».

Показатель	Значение оценки	Значимость	Комплексная оценка
Оценка полезности технологии для науки и техники ПРНТ(X)	1,173	0,1	0,1173
Оценка полезности технологии для характеристик ВТП ПРп(X) с учётом рисков	1,180	0,4	0,4721
Оценка полезности технологии для ВТП и предприятия производителя ПРпр(X) с учётом рисков	0,976	0,3	0,2927
Оценка изменения технологической независимости от внедрения технологии с учётом рисков и экономических факторов ПРТн(X)	1,056	0,2	0,2112

Комплексная оценка разработки и реализации КСТ (на примере двигателестроения)		1	1,0933 низкая
---	--	---	------------------

На основе анализа параметров полезности для науки технологии многокритериальной оптимизации компрессора авиационного двигателя, турбины газогенератора и свободной турбины: КПД, изменения системы охлаждения, повышения экономичности двигателя, увеличение тяги, улучшение подачи кислорода в прямоточный контур на больших высотах полета летательного аппарата, также факторов риска (температура, посадочная дистанция, вибрация и бафтинг, шум) проведена оценка полезности технологии для науки и техники (с учётом рисков составляет 1,1727 и относится к категории средняя). Проведена оценка полезности технологии для ВТП посредством анализа параметров полезности технологии для ВТП: масса, скорость, высота, манёвренность, лётные характеристики, надёжность, также факторов риска ухудшения характеристик систем, обеспечивающих управление ВТП, лётных характеристик (с учётом рисков составляет 1,180 относится к категории средняя). Проведена оценка полезности технологии многокритериальной оптимизации компрессора авиационного двигателя для предприятия на основе анализа параметров полезности: выполнение требований заказчиков к ВТП, спрос на ВТП с использованием новой технологии, финансово-экономические показатели предприятия, а также факторов риска: сложность, время, финансовая возможность изменения производственной, материально-технической, кадровой базы. Оценка полезности технологии для ВТП. с учётом рисков составляет 0,976 относится к категории отрицательная, то есть технология не рекомендуется к внедрению. Оценка полезности технологии для государства, развития смежных отраслей (в соответствии с концепцией национальной безопасности) посредством анализа параметров: спрос на продукцию, услуги в смежных отраслях, развитие ИИ, увеличение занятости, налогов, создание новых направлений труда, снижение технологической зависимости, укрепление технологического суверенитета, обеспечение ускорения темпов прироста инвестиций в основной капитал, стимулирование использования внутренних источников инвестиций, а также факторов риска: финансовый риск (субсидии), риск низкой стратегической значимости (отсутствие потенциала), недополучения промышленного эффекта от реализации технологии, риск неформирования долгосрочного спроса и предложения ВТП с использованием технологии, риск неизменения (ухудшения) технологической зависимости составляет 1,056, относится к категории низкая, то есть

технология не рекомендуется к внедрению. Комплексная оценка разработки и реализации технологии многокритериальной оптимизации компрессора авиационного двигателя составляет 1,0933, что говорит о низком уровне полезности технологии с учётом рисков, не рекомендуется к внедрению.

### **III. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Развитие теоретических и методических подходов комплексной оценки разработки и реализации КС технологий с использованием цифровых инструментов является общим итогом диссертационного исследования.

Задачи теоретического характера решены введением понятий: полезность КС технологии для науки, для характеристик ВТП, для предприятия производителя с учётом рисков, для государства, классификацией факторов полезности и рисков.

Задачи методического характера достигнуты за счет предложенного методического подхода оценки полезности разработки КС технологий в двигателестроении на основе анализа внутренних и внешних факторов риска, методического инструментария оценки реализации КС технологии, оригинальность которого в многоуровневости и комплексности оценки, разработанной структуры экономического механизма комплексной оценки разработки и реализации КС технологий в двигателестроении в цифровом пространстве принятия решений на основе анализа факторов риска. Результаты работы могут быть использованы для оценки эффективности разработки технологий, обоснования управленческих решений, связанных с модернизацией АТ, процесса производства, анализа изменения уровня технологической независимости государства. Эффект предложенного экономического механизма состоит в уточнении существующих методов оценки возможности реализации инновационных проектов показателями полезности КС технологии для науки, для характеристик ВТП, для предприятия-производителя с учётом рисков, показателем изменения технологической независимости от внедрения КС технологии, а также многоуровневой комплексной оценкой разработки и реализации КС технологии.

Практическое применение результатов исследования позволит совершенствовать процесс принятия управленческих решений в области, разработки КС технологий, запуска в производство текущих и перспективных проектов АТ в условиях конкурентной борьбы, перспектив развития подотрасли двигателестроения, меняющихся требований заказчиков, совершенствовать систему искусственного интеллекта двигателестроения.

Результаты диссертационного исследования апробированы на действующих предприятиях ОКБ им. А. Люльки-филиал ПАО «ОДК-УМПО», ОАО «ЛИИП им. 144 Гризобудовой В.С.», АО «ЛИИ им. М.М. Громова», что подтверждается актами о внедрении.

#### **IV. НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

##### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Набиева Д.Г. Вопросы разработки модели расчета стоимости летного часа авиационного двигателя/ Климов В.Г., Масляков Д.В.// Социальные и экономические системы. 2022. № 6-4 (33). С. 304-312.
2. Набиева Д.Г. Эффективность создания цифровых двойников компонент авиационной техники/ Бурдина А.А., Москвичева Н.В.// СТИН. 2023. № 9. С. 61-64.
3. Набиева Д.Г. Методический подход к технико-экономической оптимизации узлов авиационного двигателя нового поколения/Бурдина А.А.// Аналитический журнал «РИСК», 2024, № 2, с.61-67
4. Набиева Д.Г. Анализ современного состояния и перспектив развития двигателестроения//Бородина Н.А.// Аналитический журнал «РИСК», 2024, № 2, с. 102-107
5. Набиева Д.Г. Методический подход к оценке комплексной реализуемости производства цифрового двойника авиационного двигателя. /Научно-аналитический журнал по экономике и финансам «Финансовый бизнес», 2025, № 1, с. 61-64
6. Набиева Д.Г. Методический инструментарий оценки факторов создания высокотехнологичной продукции двигателестроения нового поколения//Научно-практический теоретический журнал «Экономика и управление: проблемы, решения», 2025, № 1, том 7 (154), с. 21-28

##### **Публикации в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе Scopus:**

7. Nabieva, D.G. Effectiveness of Testing Digital Twins of Aircraft Components / A. A. Burdina, N. V. Moskvicheva, D. G. Nabieva // Russian Engineering Research. 2023. – Vol. 43, No. 10. – P. 1310-1313

##### **Публикации в других научных изданиях:**

8. Набиева Д.Г. Подходы к оценке эффективности реализации многоуровневых и междисциплинарных моделей в двигателестроении/ Трегубенков Сергей Юрьевич//Материалы 20-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика», 24 ноября 2021 года

9. Набиева Д.Г. Подходы к оценке комплексной эффективности разработки и создания авиационных двигателей нового поколения/ Бурдина А.А., Горелов Б.А.//Материалы конференции XLVI Академические чтения по космонавтике, 26 января 2022 года
10. Набиева Д.Г. Рекомендации по совершенствованию моделирования цифрового аналога двигателя нового поколения/ Трегубенков С.Ю., Филина И.И.//Материалы 21-ой Международной конференция «Авиация и космонавтика», 25 ноября 2022 года
11. Набиева Д.Г. Оценка эффективности внедрения цифрового моделирования при производстве авиационных двигателей нового поколения//Бурдина А.А., Трегубенков С.Ю., Филина И.И.//Материалы конференции XLVII Академические чтения по космонавтике, 25 января 2023 года
12. Набиева Д.Г. Оценка эффективности цифрового моделирования при проектировании авиационных/Трегубенков С.Ю.//Материалы 22-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика
13. Набиева Д.Г. Оценка реализуемости проекта создания продукции авиационного двигателестроения нового поколения/Трегубенков С.Ю.//Материалы Международной научно-практической конференции «Управление и инновационное развитие предприятия: новые подходы и актуальные исследования (УИРП-2024), 21 мая 2024 года