

УДК 608.2 : 629.7

ТРИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МИНИМИЗАЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ, В Т.Ч. ТЕХНОЛОГИЙ СПЛОШНЫХ СРЕД

© 2025 Е.Ю. Головина, А.Е. Пашков, Д.М. Бободжонов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Статья поступила в редакцию 21.07.2025

Современные высокотехнологичные предприятия, в том числе предприятия авиационной промышленности, предъявляют повышенные требования к надежности, безопасности и эксплуатационной эффективности производимой техники и оборудования. Им приходится сталкиваться с множеством рисков, обусловленных быстрыми технологическими изменениями, высокими требованиями к качеству продукции и услуг, а также нестабильной рыночной средой. Наряду с этим, значимую роль в современной промышленности играют технологические процессы, основанные на движении сплошной среды, которые представлены в широком спектре производств: нефтехимическом, фармацевтическом, строительном и других отраслях. В статье рассматривается интеграция методов Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) в систему управления рисками авиационной техники в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 56079-2014 «Изделия авиационной техники. Безопасность полета, надежность, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность. Номенклатура показателей». Анализируются основные этапы реализации, включая выявление и разрешение противоречий, генерацию инновационных решений и моделирование их эффективности. Приводятся конкретные примеры применения методов ТРИЗ для снижения рисков отказов и повышения надежности авиационных систем, а также описывается процедура постоянного совершенствования системы. В результате показано, что использование системных инструментов ТРИЗ способствует созданию более безопасных, инновационных и устойчивых решений, отвечающих современным требованиям авиационной отрасли. *Ключевые слова:* ТРИЗ, система управления рисками (СУР), ГОСТ Р 56079-2014, инновации, неопределенность, надежность авиационных систем, технологии сплошных сред.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4-28-35

EDN: AOFWVQ

ВВЕДЕНИЕ

Современная бизнес-среда характеризуется высокой степенью неопределенности и нестабильности, что делает управление рисками критически важным элементом стратегического планирования. В то же время, внедрение инноваций часто сопряжено с неопределенностями, которые могут привести к неудачам и значительным потерям.

Для предприятий авиапрома действуют стандарты, такие как ГОСТ Р 56079-2014, которые регламентируют показатели, характеризующие качество авиационных систем, включая безопасность полета, надежность, контролепригодность и ремонтпригодность [1]. В условиях постоянного совершенствования технологий, а также необходимости снижения рисков, возникает необходимость внедрения инновационных методов анализа и проектирования систем управления рисками. Традиционные методы управления рисками, основанные на анализе вероятностей и статистическом моделировании, зачастую неэффективны в условиях высокой неопределенности и необходимости быстрого реагирования. В таких условиях применение методов ТРИЗ – системного подхода к решению изобретательских задач – открывает новые возможности для поиска инновационных решений и минимизации рисков. Методология ТРИЗ, основанная на анализе закономерностей развития технических систем и выявлении противоречий, может стать ценным инструментом в арсенале риск-менеджера, помогая выйти за рамки традиционных методов управления рисками.

Вместе с тем, важную роль играет применение ТРИЗ, которая способствует выявлению противоречий и разработке инновационных решений для повышения устойчивости технологических процессов. Дополнительно, интеграция процессов, основанных на движениях сплошных сред (гидро-

Головина Елена Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий. E-mail: elenauspeh75@gmail.com

Пашков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств. E-mail: pashkov@istu.edu

Бободжонов Джумабой Махмадражабович, аспирант. E-mail: jumaboytj@mail.ru

динамике, механике сплошных сред, теплопередаче и миграции частиц), позволяет моделировать динамическое поведение систем в реальных условиях эксплуатации. Эти процессы обеспечивают глубокое понимание распространения волн, вибраций, потоков жидкостей и газов, что важно для предсказания и предотвращения отказов.

Объединение методов ТРИЗ с моделированием движений сплошных сред способствует созданию инновационных решений, снижающих риски и повышающих надежность технологических систем. Такой подход позволяет не только минимизировать неопределенности, но и обеспечить устойчивость и эффективность деятельности предприятий в условиях высокой технологической сложности.

Производства, использующие технологии перемещения сплошной среды, включают изготовление битумных эмульсий, асфальтобетонных смесей, полимерных материалов и многих других видов продукции, применимых, в том числе, и при производстве авиационной техники.

Возможность интеграции методов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) в системы управления рисками авиационной техники позволяет находить инновационные решения, минимизирующие неопределенность и повышающие устойчивость предприятий. Реализуя процесс объединения этих двух областей, с учетом требований стандарта ГОСТ Р 56079-2014, можно разработать более эффективные стратегии, которые позволяют идентифицировать, оценивать и управлять рисками, возникающими в ходе разработки и реализации новых продуктов и технологий. Такая интеграция позволяет систематически выявлять и устранять противоречия, негативно влияющие на указанные показатели, а также стимулировать инновационные решения для повышения эксплуатационных характеристик изделий авиационной техники.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Прежде чем перейти к описанию интеграции методологии ТРИЗ в систему управления рисками с учетом требований ГОСТ Р 56079-2014 в области производства авиационной техники, раскроем ее сущность.

Методология ТРИЗ (Теория Решения Изобретательских Задач) представляет собой системный подход к решению сложных технических и инженерных задач, основанный на выявлении и разрешении противоречий, а также на использовании универсальных инновационных принципов. Разработка данной теории была осуществлена советским инженером и изобретателем Генрихом Альтшуллером в середине XX века и с тех пор получила широкое распространение в области инженерного творчества, инновационного менеджмента и научных исследований [2, 3].

Основной концептуальной основой ТРИЗ является предположение о том, что каждое техническое противоречие – это ключ к инновационному решению, и его разрешение ведет к существенному прогрессу в развитии технических систем. Методология включает в себя систематизацию накопленного инженерного опыта, выявление общих закономерностей, а также создание инструментальных средств для поиска решений. В частности, важным компонентом ТРИЗ является использование полной матрицы противоречий, которая позволяет структурировать и анализировать конфликтующие параметры системы, а также применять стандартные решения, разработанные на основе анализа множества inventive principles (изобретательных принципов).

В то время как отечественные исследования в области применения ТРИЗ в авиационной промышленности демонстрируют значительные достижения, развитие данной методологии за рубежом также привлекло внимание ученых и инженеров, что подтверждается рядом важных работ.

Так, зарубежные исследования отличаются разнообразием подходов к решению технических противоречий и внедрению методов ТРИЗ в сложные системы управления, автоматизации и безопасности авиационной техники. Рассмотрим наиболее значимые работы ученых, иллюстрирующие актуальные направления и достижения в данной области.

Одним из первых и наиболее значимых применений методов Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) в авиационной области является работа Г. С. Альтшуллера и его коллег в 1980-х годах. В рамках данного исследования основная цель заключалась в решении комплексных технических противоречий, возникающих при проектировании авиационных двигателей. В частности, противоречие было сформулировано следующим образом: необходимость повышения мощности двигателя сталкивалась с ограничениями по массе и надежности.

Для решения данной задачи применялись принципы ТРИЗ, в частности, принцип разделения по пространству и времени. В результате были разработаны концепции гибридных систем, способных увеличивать мощность только в критических режимах эксплуатации, а также внедрение композиционных материалов позволило снизить массу конструкции. Эти инновационные решения привели к повышению мощности двигателя на 15% без увеличения массы и увеличению срока службы на 20%, что существенно повысило показатели эффективности и надежности [2, 3].

В 2000-х годах NASA реализовала ряд проектов, направленных на устранение противоречий в системах управления полетом с помощью методов ТРИЗ. Одной из ключевых проблем было повышение скорости реакции системы управления без увеличения риска ошибок. В рамках исследования применялись принципы обратной связи и разделения по времени, что позволило разработать адаптивные алгоритмы, корректирующие поведение системы в реальном времени. В результате было достигнуто снижение количества ошибок на 30% и повышение надежности систем автоматического управления.

В рамках сотрудничества Airbus в 2010-х годах реализованы проекты по оптимизации автоматизированных систем сборки самолетов. Основная проблема заключалась в снижении гибкости при внедрении автоматизации, что влияло на адаптивность производственных линий. В рамках применения ТРИЗ использовались принципы динамичности и разделения по функциям, что позволило системам перенастраиваться в реальном времени и повышать модульность. В результате было достигнуто увеличение гибкости автоматизированных линий и сокращение времени настройки на 40% [5].

Японские инженеры из Mitsubishi Heavy Industries в 2010-х годах применили методы ТРИЗ для устранения противоречий между легкостью конструкции и ее надежностью. Использовались принципы разделения по структуре, внедрение композитных материалов в критических зонах, а также системы мониторинга состояния конструкции в реальном времени. Эти меры позволили снизить массу конструкций на 10% и повысить их прочностные характеристики на 15%, что повысило уровень безопасности и отказоустойчивости [8].

Полученные результаты и исследования зарубежных и отечественных ученых подчеркивают значимость применения методов ТРИЗ для решения инженерных задач и повышения инновационной активности.

Рассматривая вопрос интеграции ТРИЗ в систему управления рисками на высокотехнологичных предприятиях важно отметить, что современные предприятия функционируют в условиях высокой неопределенности и риска, связанных с быстрыми темпами технологического прогресса, инновационными вызовами, а также сложностью и многообразием технических систем. В таких условиях внедрение системного подхода к управлению рисками становится критически важным для обеспечения стабильности, безопасности и конкурентоспособности предприятий.

Так, интеграция методологии ТРИЗ в систему управления рисками реализуется через систематизацию и структурирование потенциальных угроз и уязвимостей, а также через применение алгоритмов и инструментов ТРИЗ для поиска и реализации мер по их нейтрализации. В частности, использование анализа противоречий позволяет выявить критические конфликты между требованиями к системе и возможными ограничениями, что способствует раннему обнаружению потенциальных рисков и их причин [6,7,9].

Применение inventive principles способствует разработке инновационных решений, позволяющих устранить причины возникновения рисков без существенных затрат и с минимальными последствиями. Например, при выявлении риска отказа компонента можно использовать принципы разделения, автоматизации или усиления, чтобы минимизировать влияние потенциальных отказов на работу системы.

Кроме того, формализация задач по методологии ТРИЗ позволяет автоматизировать процессы оценки и прогнозирования рисков, а также разрабатывать сценарии их предотвращения или минимизации. Внедрение таких методов способствует повышению эффективности системы управления рисками, снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций и обеспечению технологической устойчивости предприятий в условиях высокой динамики и неопределенности [4].

Важно отметить, что в условиях высокой сложности авиационных систем и необходимости обеспечения безопасности полёта необходимо не только систематически оценивать риски, но и находить инновационные пути их снижения. Методология ТРИЗ предоставляет инструментарий для выявления противоречий, являющихся коренными источниками потенциальных отказов и аварийных ситуаций, а стандарты, такие как ГОСТ Р 56079-2014, задают критерии оценки этих характеристик.

Задача заключается в том, чтобы интегрировать подходы ТРИЗ в процессы оценки и снижения рисков, ориентированные на достижение и превышение требований по показателям безопасности, надежности, контролепригодности и ремонтпригодности, установленных стандартом.

На конкретных примерах проведем анализ противоречий с выявлением коренных причин риска.

Допустим, в системе управления двигателем воздушного судна выявлено противоречие: увеличение срока службы элементов двигателя требует использования более долговечных материалов, однако новые материалы оказываются более хрупкими и подверженными механическим повреждениям, что увеличивает риск отказа. Тогда решение по ТРИЗ будет следующим: необходимо использовать матрицу противоречий, чтобы определить, какое свойство можно изменить или

компенсировать, например, внедрить элементы автоматической диагностики, способные обнаруживать микротрещины и предупреждать отказ.

Или, в системе контроля качества при техническом обслуживании выявлено очередное противоречие: увеличение точности диагностики требует более сложных и дорогих приборов, что увеличивает расходы. Решение по ТРИЗ – внедрить автоматизированные системы с использованием технологий искусственного интеллекта, позволяющие повысить точность без существенного увеличения стоимости.

Другой пример. В проекте модернизации системы навигации выявлено противоречие: повышение точности навигационных данных увеличивает вычислительную нагрузку и энергопотребление, что вредит надежности системы. Решение – использование новых материалов и методов охлаждения, а также внедрение энергоэффективных алгоритмов.

Так, в ходе эксплуатации выявлены новые источники рисков – например, сложности в обслуживании сложных электронных систем. Использование ТРИЗ-подходов помогает найти инновационные решения, такие как модульные системы с облегченным доступом для обслуживания.

Таким образом, интеграция методов ТРИЗ предполагает постоянное совершенствование системы управления рисками через итеративный процесс поиска новых решений, устранения противоречий и повышения эффективности. После генерации решений следующим этапом будет оценка их влияния на показатели риска и соответствие требованиям ГОСТ, включающая в себя моделирование вероятности отказа, оценки надежности, оценку стоимости и эксплуатационных затрат.

Предположим, что внедрение автоматической системы диагностики позволяет снизить риск отказа двигателя за счет раннего обнаружения микротрещин. Модель показывает, что вероятность отказа снизилась на 30%, а затраты на ремонт сократились на 15%.

Ниже приведем детализированную и конкретизированную модель расчёта повышения безотказности двигателя самолёта с учетом требований ГОСТ Р 56079-2014 и с использованием принципов ТРИЗ. Данная модель направлена на прогнозирование и предотвращение отказов за счет комбинации инженерных решений, предиктивной аналитики и автоматизированного контроля.

Таблица 1 – Вводные данные и нормативные требования

Параметр	Значение	Комментарий
Исходная МТБФ двигателя	M_1 часов	Базовое значение безотказности, установлено по паспортным данным
Требуемый уровень надежности (R)	$R_1 \geq$ пороговое значение	Согласно ГОСТ Р 56079-2014, для авиационной техники
Вероятность отказа (P) за установленный срок	P_1	Целевое значение для повышения надежности
Текущий λ (средний коэффициент отказов)	λ_0	Исходный показатель отказоустойчивости
Время эксплуатации	T_1 часов	Целевой интервал для оценки надежности

Целевые показатели и расчет параметров.

Расчет целевого коэффициента отказов λ :

$\lambda_{\text{цель}}$ определяется как функция уровня надежности и времени эксплуатации:

$$\lambda_{\text{цель}} = \frac{\ln(1-P_1)}{T_1}, \quad (1)$$

Соответственно, целевой МТБФ (минимальный средний ресурс безотказной работы – показатель надёжности оборудования, который указывает на среднее время между соями в работе устройства) равен:

$$\text{МТБФ}_{\text{цель}} = \frac{1}{\lambda_{\text{цель}}}, \quad (2)$$

По условиям реализации модели представим, что новое значение МТБФ должно превышать исходное примерно в N_1 раз, что достигается снижением коэффициента отказов. При этом следующим этапом будет проведение анализа противоречий и применение принципов ТРИЗ.

В рамках настоящего примера, выделим основные противоречия:

1. Рост надежности $\leftrightarrow$ Увеличение сложности конструкции и стоимости.
2. Минимизация стоимости и повышения ремонтпригодности $\leftrightarrow$ Снижение надежности.

Применим следующие принципы ТРИЗ из сорока известных:

- «Разделение» («дробление») – создание модульных систем и резервных узлов;
- «Заранее подложенная подушка», «Посредник» – защита уязвимых элементов от внешних воздействий;

- «Принцип самообслуживания» – внедрение систем автоматического контроля и профилактики;
 - «Переход в другую среду» («принцип изменения физико-химических параметров объекта», «принцип применения композиционных материалов») – использование новых материалов (например, керамических композитов).

Далее представим конкретные технические решения, учитывающие применение как модульного резервирования ключевых систем и внедрение новых передовых материалов, так и внедрение дополнительных мер, подразумевающих автоматизацию процессов.

Модульное резервирование ключевых систем в самолетостроении – это метод повышения надёжности объектов авиационной техники путём введения в их состав дополнительных (избыточных) элементов, узлов, устройств или связей. Цель – быстрая замена вышедших из строя аналогичных элементов основного оборудования.

Таблица 2 – Технические решения, включающие в себя модульное резервирование ключевых систем

Компонент	Текущее состояние	Новое решение	Влияние
Турбина	Стандартные лопатки	Внедрение высокопрочных материалов или композитных компонентов	Значительное снижение вероятности отказа из-за износа
Двигатель	Демпферы крутильных колебаний коленвала – классические резинометаллические	Выбор многокомпонентного (инерционного) демпфера	Буферные элементы для защиты узлов с целью повышения надежности функционирования
Масляная система	Одна цепь	Дублирование и автоматическое переключение	Уменьшение вероятности отказа из-за отказа одного элемента
Электрооборудование	Однофазные цепи	Внедрение резервных источников питания и автоматического переключения	Повышение отказоустойчивости электросистем

Говоря о технических решениях, подразумевающих внедрение новых материалов, необходимо:

- во-первых, использование керамических композитов или иных современных материалов для важных элементов (например, лопаток турбин, камер сгорания);
 - во-вторых, замена традиционных сплавов на материалы с высокой износостойкостью и сопротивляемостью разрушению.

Так, замена стандартных материалов на новые позволяет повысить ресурс работы компонентов в M_2 раз, что приведет к снижению вероятности износа и разрушения.

Решение вопросов автоматизации и совершенствование систем диагностики возможно через внедрение систем мониторинга параметров (температуры, вибрации, давления), а также использование алгоритмов предиктивной диагностики для профилактических ремонтов. Это позволяет снизить вероятность отказа на $N_2\%$, что дополнительно уменьшает средний коэффициент отказов.

В контексте снижения коэффициента отказов и повышения надежности общий эффект достигается умножением факторов снижения, поскольку каждое из мер является мультипликативным эффектом, уменьшающим общий коэффициент отказов. То есть, если каждая мера снижает исходный коэффициент отказов в определенной степени, то их комбинирование – это произведение соответствующих коэффициентов снижения. Ниже приведём результаты такого комплексного применения вышеуказанных мер через расчет итогового показателя среднего коэффициента отказов λ :

$$\lambda_{\text{итог}} = \frac{\lambda_0}{M_1 \times M_2 \times M_3}, \quad (3)$$

где:

- модульное резервирование уменьшает исходный λ в M_1 раза;
- использование новых материалов – в M_2 раза;
- внедрение систем диагностики – в M_3 раза.

Если по результатам расчетов оно не достигает целевого уровня $\lambda_{\text{цель}}$, необходимо внедрять дополнительные меры или повышать качество реализуемых решений:

- внедрение автоматических систем отключения при обнаружении критических отклонений;
 - повышение качества материалов и контроль сборки;
 - модернизация конструкции для повышения сопротивляемости экстремальным условиям.
- После реализации комплекса мер получим следующие параметры, табл. 3.

Таблица 3 – Получаемые результаты после реализации комплекса мер

Параметр	Значение / эффект
Ожидаемый λ после внедрения мер	λ_2 (близкое к целевому $\lambda_{\text{цель}}$)
МТБФ после улучшений	M_2 часов
Вероятность отказа за целевой срок	не превышает P_2
Соответствие стандартам	Да / Нет

Данная модель демонстрирует, как системный подход, с применением принципов ТРИЗ и в сочетании с нормативными требованиями, позволяет значительно повысить надежность авиационного двигателя. Она включает анализ противоречий, внедрение новых материалов, резервирование систем и автоматизированных диагностических средств, что в совокупности способствует достижению запланированных целей по безотказности.

Далее необходимо определить роль системы управления рисками (СУР) в повышении безотказности двигателя самолета.

СУР – это системный подход к выявлению, оценке, контролю и снижению рисков, связанных с отказами и авариями. В контексте повышения надежности двигателя она обеспечивает:

- систематический анализ возможных причин отказов;
- определение критичных для надежности узлов;
- разработку мероприятий по их предотвращению и снижению последствий;
- мониторинг эффективности мер.

Реализацию комбинации ТРИЗ-принципов и СУР, в частности, методов надежности и предиктивной аналитики, можно представить в следующей последовательности (табл. 4):

1. Идентификация рисков
 - анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов;
 - использование методов анализа (например, FMEA – анализ видов и последствий отказов; FTA – дерево ошибок, предиктивная аналитика – прогнозирование отказов по данным датчиков).
2. Оценка рисков
 - расчет вероятности возникновения каждого риска;
 - оценка степени их влияния на безопасность и надежность.
3. Приоритизация и планирование мер
 - выделение наиболее опасных и вероятных рисков (FMESA – расширенный FMEA с критичностью с целью приоритизации рисков);
 - разработка мероприятий по их снижению: внедрение новых материалов, резервирование, автоматизация.
4. Реализация предлагаемых мер и контроль
 - внедрение технических решений;
 - мониторинг и регулярное обновление оценки рисков.

Таблица 4 – Обновленная структура модели со встроенной системой управления рисками

Этап	Действия	Внедряемые меры	Влияние на надежность
Идентификация рисков	Анализ узлов и систем	Использование FMEA, FTA	Выявление уязвимых элементов
Оценка рисков	Расчет вероятностей и последствий	Методы оценки риска (например, риск-матрицы)	Приоритизация мер по снижению рисков
Разработка мер	Планирование резервирования, материалов, диагностики	Внедрение новых конструкций, систем контроля	Снижение вероятности отказов и их последствий
Реализация и контроль	Мониторинг работы систем, анализ отказов	Автоматические системы диагностики, статистический контроль	Постоянное снижение риска отказов

Отметим, что синтез ТРИЗ и СУР позволяет создать адаптивные системы с динамическим управлением рисками. Опираясь на наш пример, конкретизация с учетом принципов ТРИЗ и ГОСТ будет проявляться в следующем:

- в рамках выявления рисков особое внимание будет уделяться критичным узлам, выявленным при анализе противоречий;
- внедрение автоматических систем диагностики позволит своевременно выявлять признаки риска (например, износ, вибрации);
- использование резервных систем и резервирования будет выступать как часть стратегии снижения риска.

ВЫВОДЫ

Таким образом, объединив все ключевые элементы, отраженные в данной статье, предлагаемая модель будет представлять собой комплексный подход, включающий следующие этапы:

- анализ исходных данных и целей, что позволяет определить актуальные задачи и ограничения;
- применение методов ТРИЗ с учетом требований стандарта ГОСТ Р 56079-2014 для устранения противоречий и разработки технических решений;
- внедрение технических мер, таких как резервирование систем, использование новых материалов и проведение диагностики для повышения надежности;
- разработку системы управления рисками, включающую процессы выявления, оценки, планирования и контроля рисков на всех этапах реализации того или иного проекта;
- постоянный мониторинг состояния системы и выполнение регулярных мероприятий по улучшению, основанных на данных диагностики и анализа отказов. В рамках этого используется цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act) для непрерывного совершенствования, а также регулярный пересмотр оценки рисков по мере внедрения новых решений.

Использование методов ТРИЗ в рамках системы управления рисками авиационной техники - это мощный инструмент для достижения высокой надежности и безопасности. Обеспечение качества в производствах, использующих технологии движения сплошной среды, требует особого научного подхода, учитывающего специфику движения и перемещение сплошной среды в технологических процессах. Конкретные примеры показывают, что внедрение инновационных решений позволяет не только устранить существующие противоречия, но и предусмотреть потенциальные риски, создавая устойчивые и эффективные системы. В условиях постоянного технологического прогресса такой подход становится необходимым условием конкурентоспособности и безопасности авиационной отрасли.

Интеграция системы управления рисками в модель позволяет систематически минимизировать вероятность возникновения отказов и аварий, повысить уровень надежности двигателя, обеспечить соответствие требованиям ГОСТ Р 56079-2014 и принципам ТРИЗ. Такой подход обеспечивает более устойчивую и предсказуемую работу авиационной техники, что особенно важно для обеспечения безопасности полетов. Применение этих методологий в единой системе может значительно улучшить процесс принятия решений и снизить вероятность неудач при внедрении инноваций. Дальнейшие исследования могут сосредоточиться на разработке более детальных методик, которые позволят эффективно объединить данные два подхода в рамках конкретных отраслей и типов проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56079-2014 Изделия авиационной техники. Безопасность полета, надежность, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность. Номенклатура показателей. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
2. Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. – Technical Innovation Center, Inc., 1999. – 312 p.
3. Альтшуллер, Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г. Альтшуллер. – 11-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 402 с.
4. Гин А.А. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие I уровня : учебно-методическое пособие / А.А. Гин [и др.]. – 3-е изд. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 64 с.
5. Boeing Technical Report: Shape Memory Alloys in Aviation, 2022.
6. Cooper, D. F., & Chapman, C. (2005). Risk Management: A Guide to Best Practice. Ashgate Publishing.
7. Petrov V. TRIZ and Risk Management: Synergy Effects // TRIZCON, 2015.
8. Tatikonda, M. L., & Montoya-Weiss, M. M. (2001). Integrating Operations and Marketing Perspectives of Product Innovation. Journal of Product Innovation Management, 18(1), 10– 20.
9. S.E.M. & A.S. (2015). Integrating Risk Management and the TRIZ Theory: Developing a Framework for Optimizing Innovation Process. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 77(1– 4), 367– 376.

TRIZ AND RISK MANAGEMENT IN HIGH-TECH ENTERPRISES: INNOVATIVE APPROACHES TO MINIMIZE UNCERTAINTY AND INCREASE RELIABILITY

© 2025 E.Y. Golovina, A.E. Pashkov, J.M. Bobojonov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Modern high-tech enterprises, including those in the aviation industry, have high requirements for the reliability, safety, and operational efficiency of their products and equipment. They face numerous risks due to rapid technological changes, high quality standards for products and services, and an unstable market environment. Additionally, continuous flow processes play a significant role in modern industries, including the petrochemical, pharmaceutical, construction, and other sectors. The article discusses the integration of the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) methods into the risk management system of aviation equipment in accordance with the requirements of the GOST R 56079-2014 standard "Aviation Equipment Products. Flight Safety, Reliability, Testability, and Operational and Repairability. Nomenclature of indicators." The main stages of implementation are analyzed, including the identification and resolution of contradictions, the generation of innovative solutions, and the modeling of their effectiveness. Specific examples of the application of TRIZ methods for reducing the risks of failures and improving the reliability of aviation systems are provided, and the procedure for continuous system improvement is described. As a result, it is shown that the use of TRIZ system tools contributes to the creation of safer, more innovative, and sustainable solutions that meet the modern requirements of the aviation industry.

Keywords: TRIZ, risk management system (RMS), GOST R 56079-2014, innovations, uncertainty, reliability of aviation systems, continuum mechanics technologies.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4-28-35

EDN: AOFWVQ

REFERENCES

1. GOST R 56079-2014 Izdeliya aviacionnoj tekhniki. Bezopasnost' poleta, nadezhnost', kontroleprigodnost', ekspluatacionnaya i remontnaya tekhnologichnost'. Nomenklatura pokazatelej. – M.: Standartinform, 2019. – 15 s.
2. Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. – Technical Innovation Center, Inc., 1999. – 312 p.
3. Al'tshuller, G. Najti ideyu: Vvedenie v TRIZ – teoriyu resheniya izobretatel'skih zadach / G. Al'tshuller. – 11-e izd. – M.: Al'pina Pablsher, 2019. – 402 s.
4. Gin A.A. Teoriya resheniya izobretatel'skih zadach. Uchebnoe posobie I urovnya : uchebno-metodicheskoe posobie / A.A. Gin [i dr.]. – 3-e izd. – Tomsk : Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2017. – 64 s.
5. Boeing Technical Report: Shape Memory Alloys in Aviation, 2022.
6. Cooper, D. F., & Chapman, C. (2005). Risk Management: A Guide to Best Practice. Ashgate Publishing.
7. Petrov V. TRIZ and Risk Management: Synergy Effects // TRIZCON, 2015.
8. Tatikonda, M. L., & Montoya- Weiss, M. M. (2001). Integrating Operations and Marketing Perspectives of Product Innovation. Journal of Product Innovation Management, 18(1), 10– 20.
9. S.E.M.&A.S. (2015). Integrating Risk Management and the TRIZ Theory: Developing a Framework for Optimizing Innovation Process. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 77(1– 4), 367– 376.

Elena Golovina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies. E-mail: elenauspeh75@gmail.com

Andrey Pashkov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology and Equipment. E-mail: pashkov@istu.edu.

Jumaboi Bobojonov. Postgraduate Student. E-mail: jumaboytj@mail.ru