

УДК 629.78:338.262 EDN KSYXLP

## Оценка меры рисков технологических инноваций по стоимостным показателям

**С. С. Комарчев**, *KomarchevSS@tsniimash.ru*

*АО «ЦНИИмаш», г. Королев, Московская область, Российская Федерация*

**К. А. Липатов**, *LipatovKA@tsniimash.ru*

*АО «ЦНИИмаш», г. Королев, Московская область, Российская Федерация*

**Б. М. Петрухин**, *к. т. н., PetrukhinBM@tsniimash.ru*

*АО «ЦНИИмаш», г. Королев, Московская область, Российская Федерация*

**В. А. Соколов**, *к. т. н., Sokolov\_VA@tsniimash.ru*

*АО «ЦНИИмаш», г. Королев, Московская область, Российская Федерация*

**Аннотация.** Показано, что применительно к технологическим инновациям должен неукоснительно соблюдаться принцип упреждающей (по отношению к началу разработки комплексов) разработки технологий, приборов, агрегатов и систем. Проводится анализ преимуществ и недостатков математических моделей и методик, применяемых при оценке меры риска реализации технологических инноваций. Предлагается методика, позволяющая расширить область применения аналитических методов количественного анализа рисков технологических инноваций, за счет приведения показателей частных рисков по результатам и срокам к показателям стоимости. Показаны направления применения методики, включающие использование менее сложных и апробированных технологий как метод снижения рисков, а также обоснование предложений по управлению программами технологических инноваций на основе системного анализа факторов риска различной природы.

Обеспечение сопоставимости оценки полезности технологической инновации, выражаемой в абсолютном большинстве случаев в стоимостных показателях, и меры риска ее реализации за счет приведения показателей частных рисков по результатам и срокам к показателям стоимости позволяет принимать обоснованные решения по упрощению состава разрабатываемых технических средств.

Областью применения методики является не только обоснование предложений по снижению рисков технологических инноваций. Апостериорные расчеты потерь, возникших вследствие наступления рисков событий, позволяют методами системного анализа оценить влияние факторов риска различной природы на ход реализации программ технологических инноваций, определить наиболее опасные из них, сформулировать проблемы, порождающие возникновение таких факторов риска и выработать предложения по решению таких проблем.

**Ключевые слова:** программа, инновации, приборостроение, риск

## Assessment of Risk Measures of Technological Innovation by Cost Indicators

**S. S. Komarchev**, *KomarchevSS@tsniimash.ru*

*JSC “TsNIIMash”, Korolev, Moscow region, Russian Federation*

**K. A. Lipatov**, *LipatovKA@tsniimash.ru*

*JSC “TsNIIMash”, Korolev, Moscow region, Russian Federation*

**B. M. Petrukhin**, *Cand. Sci. (Engineering), PetrukhinBM@tsniimash.ru*

*JSC “TsNIIMash”, Korolev, Moscow region, Russian Federation*

**V. A. Sokolov**, *Cand. Sci. (Engineering), Sokolov\_VA@tsniimash.ru*

*JSC “TsNIIMash”, Korolev, Moscow region, Russian Federation*

**Abstract.** It is shown that in relation to technological innovations, the principle of proactive (in relation to the beginning of the development of complexes) development of technologies, devices, aggregates and systems should be strictly observed. The advantages and disadvantages of mathematical models and techniques used in assessing the risk of implementation of technological innovations are analyzed. A methodology is proposed that allows expanding the scope of analytical methods for quantitative risk analysis of technological innovations by bringing indicators of private risks by results and timing to cost indicators. The application areas of the methodology are shown, including the use of less complex and proven technologies as a method of reducing risks, as well as the justification of proposals for managing technological innovation programs based on a systematic analysis of risk factors of various nature.

Assurance of the comparability of the assessment of the usefulness of technological innovation, which is in the absolute majority of cases expressed in terms of cost, as well as the risk measure of its implementation by bringing indicators of individual risks by results and timing to cost indicators, makes it possible to take informed decisions on simplification the composition of the technical means under development.

The scope of application of the methodology reaches beyond the substantiation of proposals on reducing the risks of technological innovation. A posteriori calculation of the losses resulting from the occurrence of risk events make it possible, using the systems analysis methods, to assess the influence of risk factors of various natures on the implementation of the technological innovation programs, to identify the most dangerous of them, to formulate problems that lead to the emergence of such risk factors and to develop proposals for solving such problems.

**Keywords:** program, innovation, instrumentation, risk

В промышленности «различают два типа технологических инноваций — продуктовые и процессные. Продуктовые инновации предполагают разработку и внедрение технологически новых или усовершенствованных продуктов. Процессные инновации — освоение технологически новых или значительно усовершенствованных производственных методов. Инновация считается осуществленной в том случае, если она внедрена на рынке или в производственном процессе. Технологические инновации — конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового либо усовершенствованного продукта или услуги, внедренных на рынке, нового либо усовершенствованного процесса или способа производства (передачи) услуг, используемых в практической деятельности» [1].

Применительно к технологическим инновациям, «особенностью которых является высокая степень технологических рисков при создании и эксплуатации сложной, а порой и уникальной, техники, для организации эффективного использования промежуточных выгод, а также снижения возможных потерь от срывов планируемых сроков реализации инновационных проектов, должен неукоснительно соблюдаться принцип упреждающей (по отношению к началу разработки комплексов) разработки технологий, приборов, агрегатов и систем» [2]. Космическое приборостроение в целом и отдельные его направления, такие как приборостроение для космических исследований планет и Земли или координатно-временные системы с использованием космических технологий, обеспечивая реализацию принципа упреждающей разработки научно-технического задела для космических комплексов и систем, являются объектами стратегического планирования и реализуются в рамках государственных программ.

Поскольку стратегические программы технологических инноваций реализуются в условиях неопределенности и перманентно подвержены воздействию различных факторов риска, оказывающих негативное влияние на результаты, сроки и стоимость осуществления программных мероприятий, а также на ход решения задач и достижение ее целей, управление реализацией программы — это, по сути, управление ее рисками [3, 4]. Риск

возникает в силу неопределенности условий и процессов деятельности, неполноты или неточности информации об условиях реализации программы. «Неопределенность предполагает наличие факторов, при которых результаты действий не являются детерминированными, а степень возможного влияния этих факторов на результаты неизвестна, это и есть неполнота или неточность информации об условиях реализации» [5] программы. Прогнозирование программ без учета влияния негативных факторов неопределенности на программные мероприятия может привести к непредсказуемым последствиям из-за множества исходов случайных событий.

«Теория управления рисками исходит из того, что при реализации перспективных проектов возникают потери, они неизбежны, но их величину можно ограничить. Поэтому одним из основных вопросов при управлении рисками является сопоставление и оценка полезности перспективного проекта и меры риска при его реализации. Цель управления рисками — придание деятельности максимальной устойчивости в условиях неопределенности» [6] (рис. 1).

Теория управления рисками исходит из того, что под риском понимается произведение вероятности наступления негативного события на потенциально возможный убыток (ущерб) от его наступления. Тогда «управление рисками программы следует рассматривать как процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь программы, в ходе ее реализации» [7].

Понятие «негативное» или «рисковое» событие в определении риска «представляет собой конкретную ситуацию, которая разово воздействует на деятельность и может быть описана достаточно точно» [8] (например, срыв поставки оборудования, сокращение финансирования на очередной финансовый год и др.). В отличие от событий существуют факторы риска — условия негативного характера, которые воздействуют на деятельность продолжительное время (например, высокий уровень инфляции, недостаточный уровень компетентности персонала, санкции на поставку компонентов и др.). При этом практически любое рисковое

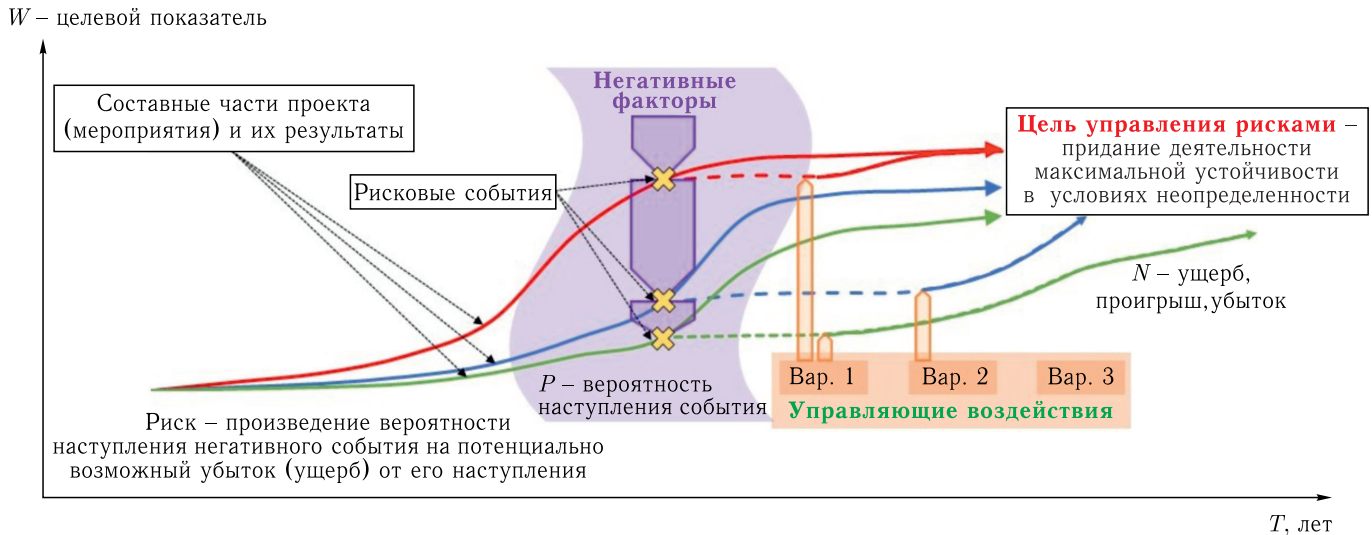


Рис. 1. Ключевые понятия управления рисками

событие — это проявление фактора риска (сокращение финансирования — следствие высокой инфляции, авария при испытаниях — недостаточной компетентности персонала, срыв поставки компонентов — санкционной политики). Следовательно, под фактором риска понимается условие негативного характера, вызывающее потери или ущерб. Конкретная негативная ситуация, которая влияет на ход реализации программы — рисковое событие.

Тогда:

- вероятность реализации риска — вероятность наступления рискованного события;
- ущерб от возникновения риска — потери в результате наступления рискованного события;
- фактор риска — причина возникновения рискованного события.

Как зарубежная, так и отечественная стандартизация «для описания риска используют двухмерную характеристику: степень и цена риска. Степень риска количественно характеризует вероятность его проявления» [9], а цена — потенциальный ущерб. Показатель цены риска или ущерба есть величина размерная. И при управлении рисками следует уметь привести значения потенциальных ущербов, вследствие влияния разнородных факторов, к единой системе измерений.

В современных экономических условиях наибольшее распространение получила контрактно-проектная модель управления рисками

программ [10], в которой применяются показатели полезности инновации ( $Z$ ), риска ее реализации ( $R$ ), возможного ущерба ( $U$ ), вероятности проявления риска ( $P$ ). Применительно к этой модели универсальной величиной потенциального ущерба является величина финансовых затрат. Теоретически это может быть и время и какой-либо из целевых показателей программы. Принципиально важно, чтобы полезность, потенциальный ущерб и мера риска измерялись в общих единицах. Это позволяет избежать необоснованного расходования ресурсов на парирование рисков в случае их завышенных оценок. Переоценка рисков ведет к избыточному расходованию ресурсов, поэтому главным методологическим принципом управления рисками является обеспечение сопоставимости оценки полезности проекта и меры риска, что требует измерения обоих этих показателей в общих единицах.

Ряд стандартизированных моделей [11] предусматривает оценку влияния каждого фактора риска по вероятности его возникновения и возможному ущербу по стоимости.

Однако в большинстве моделей ущерб от риска декомпозируется на две составляющие — по результатам и стоимости, для которых формулируются аналитические зависимости. Вместе с тем в условиях высокой конкуренции значимым фактором инновации является первенство в достижении

запланированного результата по срокам, которое не только дает преимущества на соответствующей рыночной нише, но и обесценивает усилия конкурентов (например, лунная гонка США и СССР).

Кроме того, как отмечалось ранее, в современных экономических условиях наибольшее распространение получила контрактно-проектная модель управления рисками программ. Это обусловлено тем, что основным инструментом как реализации программ, так и мониторинга их хода, являются контракты (государственные контракты) и договоры, которые как документы гражданско-правового характера, определяющие отношения двух лиц — Заказчика и Исполнителя, — неотъемлемо имеют три существенных условия: предмет договора, срок действия договор и цену. При трехмерной интерпретации ущерба контракты, договоры, акты сдачи-приемки работ по их этапам и т. п. могут составить в информационную основу для применения математического аппарата поддержки принятия решений в обеспечение повышения эффективности программ технологических инноваций.

Широкое распространение получила рекомендованная *PMI PMBoK* [12] вероятностно-консеквенсная модель, в основу которой положена декомпозиция риска проекта на три составляющие — частные показатели риска (по результатам, срокам и стоимости). При этом оценка показателей частных и обобщенного риска аналитическими методами не регламентирована. Кроме того, несмотря на свою популярность, данная модель характеризуется рядом недостатков, существенно ограничивающих возможности ее практического применения:

- ориентирована в основном на качественный анализ рисков, а также выявление факторов с недопустимым уровнем риска;
- количественная оценка рисков не является логическим продолжением качественного анализа и не обеспечивается в должной мере. Оценки частных рисков проекта от воздействия всех факторов риска, а также его обобщенного риска рассматриваются как дополнительные, необязательные для реализации процедуры;
- в случае значительной сложности и масштабы проекта усложняется привлечение необходимого количества экспертов, распола-

гающих должными компетенциями, что снижает достоверность получаемых результатов.

Из вышесказанного следует, что трехмерная интерпретация ущерба рисков, учитывающая программные сроки получения запланированных результатов, направлена на повышение эффективности реализации этих программ, но требует разработки проблемно-ориентированных систем управления, совершенствования существующих и разработки новых методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений, методов и алгоритмов прогнозирования и оценки эффективности сложных систем в рамках единого математического аппарата программно-целевого планирования, проектного управления и оценки рисков в ходе реализации программ.

Апостериорно величина ущерба может быть определена посредством оценки относительных отклонений сроков, результатов и целевых показателей от плановых значений [13]. В частности, внедренная в рамках деятельности проектного офиса Правительства Российской Федерации система управления рисками включает несколько десятков контролируемых показателей риска, а также алгоритмы мониторинга и реагирования на негативные рисковые события.

Однако при планировании программ необходимо использовать прогностические методы оценки потенциального ущерба. Теоретически для оценки потенциального ущерба могут быть использованы консеквенсные (от англ. *consequence* — последствие, следствие) модели оценки рисков [14]. Прогнозная функция таких моделей полагается на метод экстраполяции текущего ущерба — способ прогнозирования будущего значения ущерба на основе оценки его значения в текущее время. В общем случае экстраполяция заключается в определении приближенных значений функции ущерба в точках, которые лежат вне наблюдаемого интервала времени реализации мероприятия, на основе ее значений, полученных в точках выполненного мониторинга программы. Так, например, в практике управления рисками Федеральной космической программы России (ФКП) используется консеквенсно-прогнозная модель оценки рисков [15].

Вместе с тем существующие модели не обеспечивают оценку рисков:

- на этапе планирования программ технологических инноваций, на котором, с одной стороны, необходимо принимать решение о целесообразности включения рассматриваемой технологической инновации в программу, а с другой стороны, отсутствуют мониторинговые данные о ходе ее реализации;
- с учетом этапа внедрения и получения экономического эффекта от практического использования создаваемых инноваций, поскольку не реализуют оценку ущерба частных рисков в общих единицах.

С целью устранения указанных недостатков предлагается методика, которая включает оценки: ущерба по стоимости на этапах планирования, реализации и внедрения инновации; ущерба по срокам через показатель стоимости; ущерба по результатам через показатель стоимости; обобщенного риска реализации инновации.

### **Оценка ущерба по стоимости на этапах планирования, реализации и внедрения инновации**

В основу методического подхода, обеспечивающего возможность оценки рисков как на этапе планирования, так и в ходе реализации и внедрения инновационного проекта, может быть положен постулат об определении меры ущерба по стоимости ( $U_c$ ) от возникновения риска как соотношения понесенных ( $C_3$ ) и запланированных ( $C_{пл}$ ) затрат к уже полученной прибыли или экономическому эффекту ( $C_{пр}$ ) от реализации данной инновации:

$$U_c(t) = \max \left( 1 - \frac{C_{пр}(t)}{C_3(t) + C_{пл}(t)}; 0 \right), \quad (1)$$

где  $t$  — период реализации инновационной программы.

Очевидно, что на этапе планирования ( $t = 0$ )  $C_{пр} = 0$  и мера риска по стоимости является максимальной (равна 1).

Формула (1) представлена в самом общем виде. Каждый из ее компонентов имеет слагаемые,

состав которых различен для различных уровней рассматриваемых инноваций. Так, с точки зрения государственного заказчика, оценивающего риски реализации инноваций в составе государственной программы, под фактическими и плановыми затратами следует понимать цену государственных контрактов, включающих плановую прибыль, налог на добавленную стоимость и пр. С точки зрения акционеров или других инвесторов, планирующих реализацию инновации в рамках собственных программ, например в Программе инновационного развития предприятия, эти составные части затрат не подлежат учету, однако в обязательном порядке должны быть учтены затраты на подготовку и развитие производства инновационного продукта, а также сервисной системы его гарантийного обслуживания, обеспечения продаж и эксплуатации.

### **Оценка ущерба по срокам через показатель стоимости**

Мера ущерба по срокам ( $U_t$ ) от возникновения риска в ходе реализации технологической инновации трактуется как возможное удорожание стоимости проекта вследствие переноса срока его завершения. При этом существуют три составляющие указанного ущерба (рис. 2):

- $C_i$  — инфляционная составляющая, учитывающая ежегодное удорожание материалов, комплектующих, увеличение заработной платы и т. п. Определяется с учетом коэффициента дефлятора, устанавливаемого Министерством экономического развития РФ на период между текущей датой и датой планируемого завершения проекта ( $k_{n-0}$ );
- $C_{ш}$  — штрафные санкции и пени, предусмотренные условиями контракта или договора за несвоевременное представление Заказчику результатов работ;
- $C_y$  — утрата конкурентных преимуществ, потеря рынков сбыта и т. п.

Размер штрафных санкций ( $C_{ш}$ ) — экономическая категория, которая определяется договорными условиями. Утрата конкурентных преимуществ — показатель, который прямо зависит от новизны

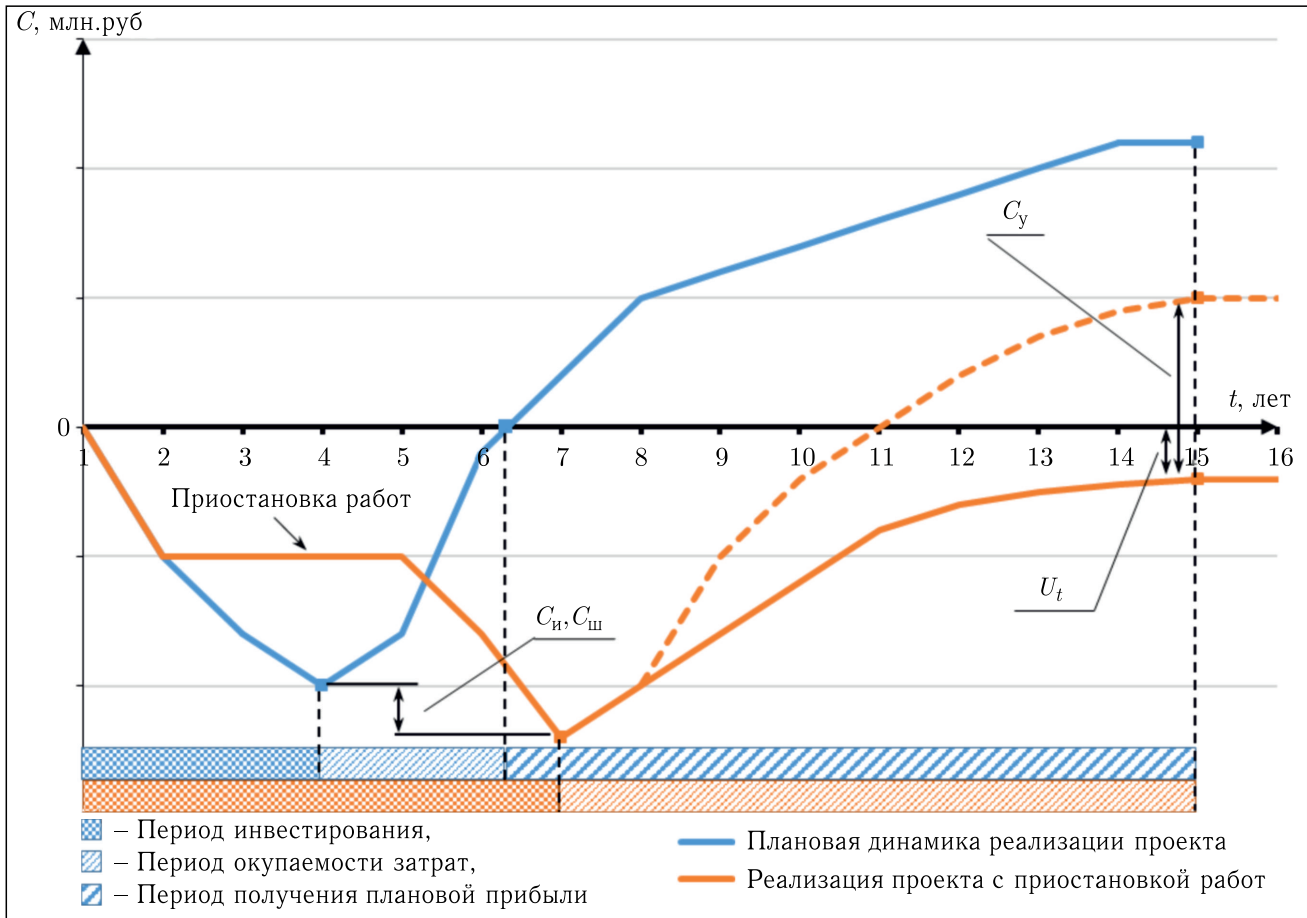


Рис. 2. Ущерб по срокам вследствие приостановки работ

и технических (тактико-технических) характеристик рассматриваемой инновации. Значение этого показателя целесообразно определять экспертным путем. Для приборов космического назначения — с привлечением специалистов в области приборостроения, технологий, материалов, применения космических комплексов и направлений космической деятельности.

При отсутствии возможностей проведения квалифицированного экспертного опроса допускается применение следующей, полученной эмпирическим путем формулы:

$$C_y = 0,01 \times T_n(t) \times C_{пл}(t),$$

где  $T_n(t)$  — период времени до завершения проекта (лет);  $C_{пл}(t)$  — плановая стоимость затрат (инвестиций) до завершения проекта.

Следует отметить, что частный риск по срокам возникает в случае, если вышеназванные

его составляющие превышают плановую прибыль ( $C_{пр}$ ), предусмотренную в смете проекта. Так, в ходе реализации ФКП широко практикуется перенос сроков выполнения отдельных этапов работ без изменения цены контракта. Такой прием применяется в случае если фактическое удорожание работ, при этом не превышает плановой прибыли предприятия-разработчика. Таким образом, мера риска реализации технологической инновации по срокам:

$$U_t(t) = \max \left[ 1 - C_{пр}(t) / (k_{n-o} \times C_{пл}(t) + C_{ш} + 0,01 \times T_n(t) \times C_{пл}(t)); 0 \right]. \quad (2)$$

На этапе планирования ( $t = 0$ )  $C_{пр} = 0$  и частный риск по срокам равен 1. По мере реализации проекта частный риск по срокам имеет тенденцию к снижению.

## Оценка ущерба по результатам через показатель стоимости

При оценке меры ущерба по результатам от возникновения риска в ходе реализации технологической инновации необходимо учитывать возможную «мультизадачность» проектов или отдельных мероприятий. Так, в рамках мероприятий ФКП по разработке бортовых информационных систем для перспективных космических аппаратов ведется параллельное развитие различных инноваций, включая пять групп модулей различного назначения (модули общего применения, модули обеспечения энергопитанием, интерфейсные модули и др.), каждая из которых включает от 4 до 15 номенклатурных позиций, блоки датчиковой аппаратуры, программное обеспечение, которые интегрируются в восемь типов интегрированных систем бортовой аппаратуры — конечных результатов опытно-конструкторской работы.

В этом случае риск по результатам мероприятия можно трактовать как опасность недостижения хотя бы одного из заявленных результатов или как опасность недостижения всех заявленных результатов. Будем понимать под риском по результатам опасность недостижения хотя бы одного из заявленных результатов как более универсальное определение. Для «мультизадачных» мероприятий риск по результатам:

$$P(A) = 1 - q_1 \times q_2 \times \dots \times q_n,$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  — события, противоположные исходному событию.

Для определения ущерба по результатам необходимо выполнить анализ структурной схемы (схемы деления) разрабатываемого изделия ракетно-космической техники (РКТ) или его аналога. Структурный анализ разработки позволяет получить данные о степени готовности к производству ее элементов, которая определяется уровнем готовности технологий (УГТ), определенным в стандарте [16], где в качестве метрики зрелости технологий и систем с их применением определены девять уровней готовности технологий.

Для определения УГТ разрабатываемого изделия проводится классификация оборудования (компонентов, узлов, агрегатов и т. п.), входящего в его состав:

- «группа А — оборудование, разрабатываемое специально для создаваемого изделия, говоря о космических аппаратах, к данной группе обычно относится модуль полезной нагрузки космического аппарата (целевая аппаратура);
- группа Б — оборудование, ранее разработанное и прошедшее конструкторско-доводочные испытания (КДИ) для иного изделия с условиями эксплуатации, аналогичными условиям эксплуатации создаваемого изделия, но планируемое к внедрению с некоторыми схемотехническими доработками, в том числе в части изменения используемых электрорадиоизделий, деталей, компонентов и (или) материалов, или с изменениями технологического процесса его изготовления;
- группа В — оборудование, ранее разработанное и прошедшее КДИ для другого изделия, заимствуемое для создаваемого изделия без изменений, указанных для категорий Б, но с предъявлением более жестких требований к условиям эксплуатации, рабочим характеристикам и (или) надежности;
- группа Г — оборудование, ранее разработанное и прошедшее КДИ для другого изделия, заимствуемое для данного изделия без изменений, указанных для категории Б, и удовлетворяющее требованиям создаваемого изделия по условиям эксплуатации, рабочим характеристикам и надежности» [17].

Пример классификации оборудования изделия РКТ представлен в табл. 1 и на рис. 3.

Вербально потенциальный ущерб от возникновения риска по результатам может быть определен как стоимость дополнительных незапланированных работ в случае, если доведение одного или нескольких элементов разрабатываемого изделия РКТ от имеющегося УГТ до требуемого окажется невозможным. Значение этого показателя, как и для показателя утраты конкурентных преимуществ, целесообразно определять экспертным путем. При отсутствии возможностей проведения квалифицированного экспертного опроса, в ходе управления рисками реализации ФКП используются статистические данные о фактической стоимости типовых работ по наращиванию УГТ



Таблица 1. Классификация оборудования изделия РКТ

№ п/п	Наименование блока, прибора	Квалификационная группа	УГТ
<b>1</b>	<b>Целевая аппаратура</b>		
1.1	Бортовая аппаратура системы радиолинии связи	А	4
1.2	Бортовая аппаратура системы сбора служебной информации	Г	7
1.3	Оптико-электронный комплекс высокого разрешения	А	4
1.4	Комплекс широкозахватной мультиспектральной аппаратуры	В	6
1.5	Гиперспектральная аппаратура	Б	5
1.6	Бортовая аппаратура автоматической идентификационной системы	А	4
<b>2</b>	<b>Система терморегулирования</b>		
2.1	Фильтр электрический	В	6
2.2	Гидроблок	В	6
2.3	Регулятор расхода рабочего тела	В	6
2.4	Регулятор-переключатель	В	6
2.5	Компенсатор гидравлический	В	6
2.6	Заправочный блок контура	В	6
2.7	Клапан дренажный	В	6
2.8	Тепловая труба радиатора охладителя	В	6
2.9	Тепловая труба спецотсека	В	6
2.13	Насос-испаритель	В	6
2.14	Конденсатор-теплообменник	В	6
2.15	Блок контроля и компенсации	В	6
2.16	Термометр	Г	7
2.17	Нагреватель рабочего тела	В	6
<b>3</b>	<b>Система коррекции</b>		
3.1	Двигательная установка	Г	7
3.2	Блок хранения и подачи рабочего тела	Г	7
<b>4</b>	<b>Система электропитания</b>		
4.1	Аккумуляторная батарея	Г	7
4.2	Батарея фотоэлектрическая	Г	7
4.3	Комплекс автоматики и стабилизации напряжения	Г	7
4.4	Привод фотоэлектрических батарей	Г	7
<b>5</b>	<b>Бортовой комплекс управления</b>		
5.1	Бортовое синхронизирующее координатно-временное устройство	Г	7
5.2	Управляющая вычислительная система	Г	7
5.3	Бортовая аппаратура командно-измерительной системы	Б	5
5.4	Бортовая информационно-телеметрическая система	Б	5
5.5	Система трансляции команд и распределения питания	Г	7
5.6	Спутниковая система навигации	Г	7
<b>6</b>	<b>Система управления движением</b>		
6.1	Блок измерителей угловой скорости	Г	7
6.2	Блок определения координат звезд	Г	7
6.3	Инфракрасный построитель местной вертикали	Г	7
6.4	Система сброса кинетического момента	Г	7
6.5	Силовой гироскопический комплекс	Г	7
6.6	Блок управления ракетным двигателем	В	6

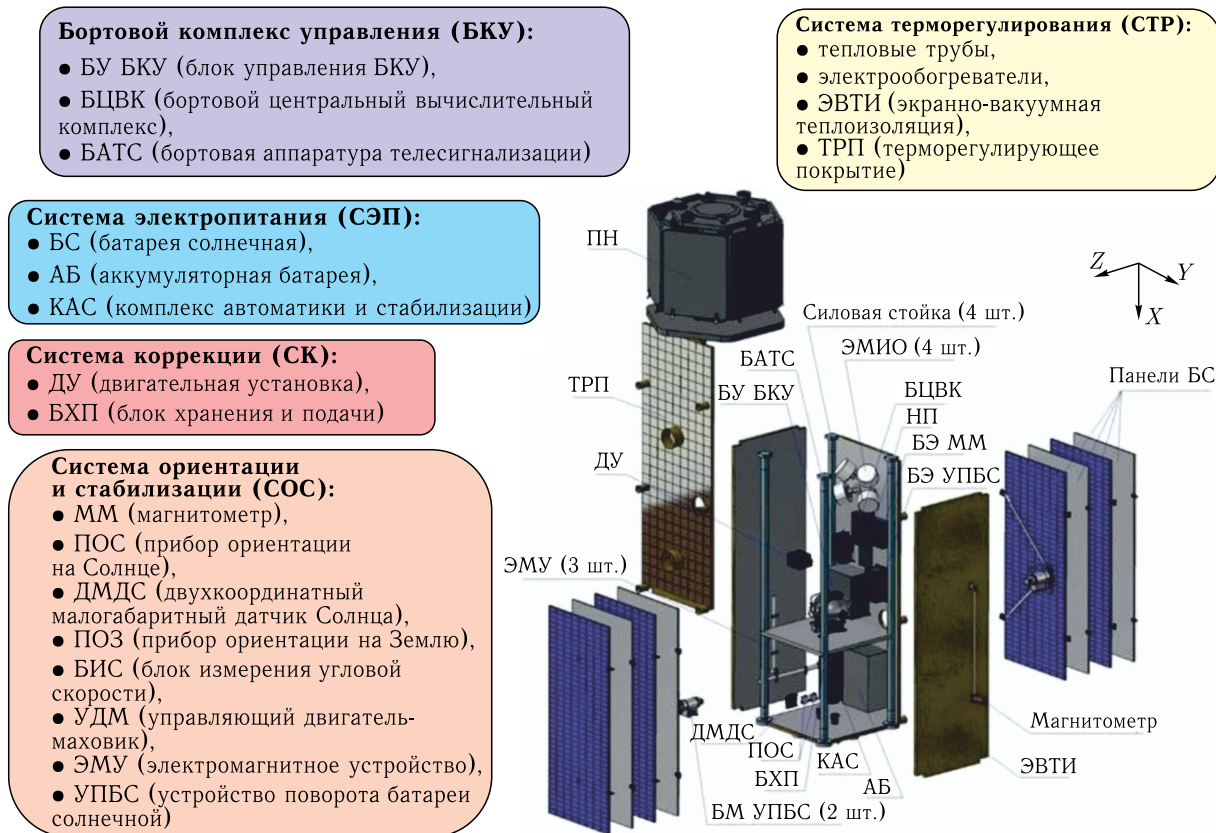


Рис. 3. Типовая структурная схема изделия РКТ

образцов космической техники, описание которых приведено в табл. 2.

При использовании приведенных данных ущерб по результатам:

$$U_r(t) = \sum_1^n \frac{k_{УГТ} \times C_{эл}(t)}{\Phi_{эл}(t) + C_{эл}(t)},$$

где  $k_{УГТ}$  — коэффициент согласно табл. 2;  $C_{эл}(t)$  — плановая стоимость разработки элемента (составной части) изделия РКТ;  $\Phi_{эл}(t)$  — фактические затраты на разработку элемента изделия РКТ;  $n$  — число инновационных элементов в составе разрабатываемого изделия РКТ.

## Оценка обобщенного риска реализации инновации

Полученные оценки ущерба с учетом вероятностей их возникновения, определяемых по отдельной методике, позволяют определить значения

частных рисков реализации технологической инновации  $R(\mu)$  по стоимости, срокам и результатам соответственно.

Обобщенный риск реализации мероприятия программы, содержащего технологическую инновацию, определяется как аддитивная свертка частных рисков по результатам, срокам и стоимости с учетом их весов (приоритетов):

$$R = \sum_{\mu=1}^3 W(\mu) \times R(\mu),$$

где  $W(\mu)$  — вес (приоритет) частных рисков по стоимости ( $\mu = 1$ ), срокам ( $\mu = 2$ ) и результатам ( $\mu = 3$ ) реализации мероприятия.

Веса (приоритеты)  $W(1)$ ,  $W(2)$  и  $W(3)$  являются весами Фишберна частных рисков мероприятия, ранжированных по убыванию их значимости «слева направо». Так, например, если результаты предпочтительнее срока, который, в свою очередь, равнозначен стоимости, то  $R(3) \succ R(2) \approx R(1)$ , тогда  $W(3) = \frac{2}{4}$ , а  $W(2) = W(1) = \frac{1}{4}$ .

Таблица 2. Описание уровней готовности технологий

УГТ	Состояние	Форма реализации	$k_{УГТ}$ — доля работ в общей стоимости разработки					
			2	3	4, 5	6	7, 8	9
1	Основные принципы технологии выявлены и опубликованы, сформулирована идея решения	Инженерная записка, патент на изобретение, бизнес-план и др.	0,026	0,042	0,482	0,882	0,972	0,992
2	Концепция технологии и/или ее применения сформулированы, подтверждена обоснованность концепции на уровне предварительной проработки	Системные НИР		0,016	0,456	0,856	0,946	0,966
3	Критические функции и/или характеристики подтверждены аналитическим и экспериментальным путем	Системные или прикладные НИР			0,44	0,84	0,93	0,95
4	Изделие (макет) испытано в лабораторном окружении	ОКР (автономные испытания)				0,4	0,49	0,51
5	Изделие (макет) испытано в окружении, близком к реальному							
6	Модель системы/подсистемы или прототип продемонстрированы в окружении, близком к реальному	ОКР (комплексные испытания опытного образца)					0,09	0,11
7	Прототип системы продемонстрирован в условиях эксплуатации	ОКР (летные испытания)						0,02
8	Реальная система завершена и квалифицирована в ходе испытаний и демонстрации							
9	Реальная система подтверждена путем успешной эксплуатации (достижения цели)	Готовность к серийному производству						0

## Заключение

Предложенная методика оценки рисков технологических инноваций по показателям стоимости обеспечивает количественный анализ рисков на этапах планирования и реализации программ технологических инноваций с учетом экономического эффекта от внедрения данных инноваций. Ее применение позволяет использовать такой метод снижения рисков, как «Реализация менее сложных и апробированных технологий». Обеспечение сопоставимости оценки полезности технологической

инновации, выражаемой в абсолютном большинстве случаев в стоимостных показателях, и меры риска ее реализации за счет приведения показателей частных рисков по результатам и срокам к показателям стоимости, позволяет принимать обоснованные решения по упрощению состава разрабатываемых технических средств. Такой подход имеет практическую значимость в космическом приборостроении.

Областью применения методики является не только обоснование предложений по снижению рисков технологических инноваций. Апостериорные

расчеты потерь, возникших вследствие наступления рисков событий, позволяют методами системного анализа оценить влияние факторов риска различной природы на ход реализации программ технологических инноваций, определить наиболее опасные из них, сформулировать проблемы, порождающие возникновение таких факторов риска и выработать предложения по решению таких проблем.

## Список литературы

1. *Шаймиева Э.Ш.* Методология формирования, развития и управления технологическими инновациями в процессе модернизации промышленности мезосистем Дисс... д.э.н. / Э.Ш. Шаймиева: 08.00.05. Казань, 2012. 611 с.
2. *Мальченко А.Н., Петрухин Б.М., Трегубов С.Г., Фурсаева Т.В.* Программно-целевое планирование как инструмент проектного управления федеральной космической программой России // *Космонавтика и ракетостроение*, 2015, вып. 5 (84), С. 28–32.
3. *Мальченко А.Н., Макаров Ю.Н., Карасев А.Г.* Совершенствование методов программно-целевого планирования развития космических средств с учетом инновационных технологий. М.: ЗАО НИИ «ЭНЦИТЕХ», 2012, 432 с.
4. *Нагибин С.Я., Сенаторов М.Ю., Соколов В.А.* Проектное управление. От теории к практике. М.: Аякс-Пресс, 2017, 338 с.
5. *Бятец И.В.* Причины возникновения и измерение неопределенности и риска в экономике // *Вестник Удмуртского университета*, 2011, вып. 4 (серия 2).
6. Рискоспособность инновационной деятельности предприятий пищевой промышленности / Сб. научных статей VI Международного форума молодых ученых. Научный редактор А.П. Бобович. 2017, С. 76–79.
7. *Медяник А.В.* Специфика процесса управления рисками на предприятиях туристической индустрии // *Физическая культура. Спорт. Двигательная рекреация*, 2017. Т. 2. № 1, С. 81–87.
8. Проект по повышению конкурентоспособности ОАО «Молочный завод "Гиагинский"»: Курсовая работа. Менеджмент. 2016-03-14. <https://www.BiblioFond.ru/view.aspx?id=878359>
9. *Романова М.В.* Управление рисками инновационной деятельности // *Финансы и кредит*, 2001. № 1 (73), С. 14–23.
10. *Буренок В.М. и др.* Методология программно-целевого развития системы вооружения на современном этапе. М.: ИГ «Граница», 2013, 520 с.
11. ГОСТ Р ИСО 17666-2006 «Менеджмент риска. Космические системы». М.: сайт «КонсультантПлюс».
12. A Guide to the Project management Body of Knowledge (PMBOK Guide), Seventh Edition. Pennsylvania: Project Management Institute, 2021.
13. Методические указания по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации (утверждены приказом Минэкономразвития России от 16.09.2016 № 582). М.: сайт «КонсультантПлюс».
14. *Кузьмин В.И., Михайлов Ю.Б., Чуев Ю.В.* Прогнозирование количественных характеристик процессов. М.: Советское радио, 1975, 398 с.
15. *Соколов В.А., Блинов А.В., Комарчев С.С.* Консеквенсно-прогнозная модель оценки рисков реализации программы создания космической техники // *Космонавтика и ракетостроение*, 2022, вып. 2 (125), С. 143–156.
16. ГОСТ Р 58048-2017 «Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня готовности технологий». М.: сайт «КонсультантПлюс»
17. *Патраев В.Е.* Наземная экспериментальная отработка космического аппарата «Ямал-300К» на базе квалифицированной платформы // *Вестник СибГАУ*, 2010, вып. 2(28) С. 97–101.

Дата поступления рукописи  
в редакцию 22.11.2023  
Дата принятия рукописи  
в печать 05.02.2024