

О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УРОВНЯ РИСКА В УПРАВЛЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКИМИ ПРОГРАММАМИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Петрухин Б.М., Томшин А.С.

АО «ЦНИИМаш», 141070, Российская Федерация, Московская область, город Королёв, Пионерская ул., д. 4, корпус 22, e-mail: PetrukhinBM@tsniimash.ru, TomshinAS@tsniimash.ru

В ряде исследований по проблематике управления рисками в качестве критерия необходимости принятия мер по реагированию на риски применяется понятие «допустимого уровня риска». В работе сформулирована стратегия управления рисками инновационных программ по критерию, связанному с ограничениями допустимого риска. Определены критериальные условия необходимости внесения изменений в программу по критерию допустимого уровня риска, либо прекращения ее виду нецелесообразности. Приведен пример управления программой по обновлению орбитальной группировки космической системы связи инновационными космическими аппаратами нового поколения, показывающий возможность оперативно, по данным мониторинга программы принимать решения о необходимости формирования мер реагирования на риски в рамках типовых процессов управления рисками, в том числе и при отклонениях хода реализации программы от плановых показателей.

Ключевые слова: планирование, управление реализацией программ, технологические инновации, процесс, риск.

ON THE RATIONAL USE OF THE QUANTITATIVE LEVEL OF RISK IN THE MANAGEMENT OF STRATEGIC INNOVATIVE DEVELOPMENT PROGRAMS

Petrukhin B.M., Tomshin, A.S.

JSC «TsNIIMash», 141070, Russian Federation, Moscow Region, Korolev, Pionerskaya st., 4/2, e-mail: PetrukhinBM@tsniimash.ru TomshinAS@tsniimash.ru

In a number of studies on risk management, the concept of "acceptable risk level" is used as a criterion for the need to take measures to respond to risks. The paper formulates a risk management strategy for innovative programs based on criteria related to the limits of acceptable risk. The criteria for the need to make changes to the program according to the criterion of an acceptable level of risk, or termination of its type of inexpediency, have been determined. An example of managing a program for updating the orbital constellation of the space communications system with innovative new-generation spacecraft is given, showing the ability to promptly, based on program monitoring data, make decisions on the need to form risk response measures within the framework of standard risk management processes, including in case of deviations in the program's implementation from planned targets.

Keywords: planning, program implementation management, technological innovations, process, risk.

Неопределенность внешних условий реализации технологических программ стратегического горизонта планирования порождает два оппозиционно-полярных свойства – риск и шанс. Риск возникает в силу неопределенности условий и процессов деятельности и проявляется в виде неоднозначной реакции объекта на одинаковые управленческие решения. Очевидно, что инновационная деятельность, несущая существенные, а порой и радикальные изменения в производственные процессы, существенно увеличивает неопределенность динамики и результатов деятельности. Рост неопределенности повышает и риск неудачи инновации.

В получившем широкое распространение как в России, так и за рубежом своде знаний по управлению проектами РМВОК [1], заданы полученные на основе субъективных экспертных методов пороговые значения категорий рисков (высокие, средние, низкие). Количественная оценка рисков, включающая их анализ (risk assessment) и сравнение с заданными уровнями (risk evaluation), является основанием для принятия решений о реагировании на риски. Отнесение рисков к первой категории требует принятия превентивных мер по снижению вероятностных значений рисков, либо потенциального ущерба от реализации угроз. Аналогичный подход предложен в отечественных стандартах [2,3]. Матрица оценки уровня риска проекта задана в методических рекомендациях Правительства Российской Федерации по управлению рисками реализации национальных, федеральных, ведомственных и региональных проектов [4], предусматривающих интеграцию процессов

управления рисками в Государственную автоматизированную систему «Управление».

Как отечественными, так и зарубежными учеными в методиках оценки риска, построенных в рамках концепции приемлемого риска, основанной на том, что риск никогда не бывает нулевым и стремление минимизировать должно соотноситься с затратами на его снижение, в качестве критерия необходимости принятия мер по реагированию на риски применяется понятие «допустимого уровня риска» [5-13]. При этом, допустимый уровень риска считается заданным в качестве ограничения.

Вместе с тем, при практическом применении вероятностных подходов оценивания рисков на относительно длительных временных интервалах, характерных для программ стратегического уровня, должна быть определена функциональная зависимость допустимого уровня от времени (длительности их реализации), причем с учетом особенностей функционирования исследуемого объекта. Однако, в вышеуказанных работах, а также в стандартах, задающих рекомендации по определению допустимых значений показателей рисков (ГОСТ Р 59339-2021, ГОСТ Р 59991-2022), порядок учета изменений допустимого уровня риска в ходе процесса (реализации программы, эксплуатации системы и т.п.) не исследовался.

В работе [14] допустимый уровень риска:

$$P_R * U < P_{\text{ш}} * (W - U), \quad (1)$$

где P_R – вероятность возникновения ущерба или неполучения положительных результатов инновации;

$P_{\text{ш}}$ – вероятность благоприятного исхода инновационной деятельности;

W – полезность перспективного проекта, ожидаемый или планируемый эффект от инновационной программы;

U – ресурсные затраты на реализацию программы.

Единицы измерения ресурсных затрат должны соответствовать размерности, принятой для оценки полезного эффекта программ (W). Несмотря на то, что полезность технологических инноваций может определяться разностью известных и достигаемых технических характеристик, универсальными единицами измерения ресурсных затрат и полезности, как показано в работе [15], являются стоимостные показатели.

Шанс определяется как возможность благоприятной реализации инновации. Шанс и риск образуют полную группу событий:

$$P_R + P_{\text{ш}} = 1. \quad (2)$$

Следовательно, проект является выгодным или целесообразным, если выполняется условие:

$$\frac{P_R}{1 - P_R} < \frac{W - U}{U}, \quad (3)$$

где правая часть выражения имеет смысл рентабельности, относительной окупаемости ресурсных затрат или VaR – относительной стоимости под риском.

Вычисление величины VaR позволяет заключить, что величина убытков с вероятностью, равной уровню доверия (например, 99 %), не превысит найденной величины на рассматриваемом временном интервале.

Типовой инновационный проект включает этапы инвестирования, окупаемости и извлечения прибыли, или другого эффекта. На рисунке 1 представлена простейшая схема гипотетического проекта с фиксированной величиной ежегодных затрат и предусматривающего постоянное его финансирование и постоянную доходность по годам его реализации.

Инновационные разработки сложной техники, выполняемые с участием государственной поддержки (космической, авиационной и др.), жизненный цикл которых составляет не менее 3 лет являются объектами стратегического планирования и реализуются в рамках государственных программ. Для стратегических программ инновационного развития показанные на рисунке 1 зависимости выглядят несколько иначе.

В силу того, что программы по большей своей части носят перманентный характер и содержат несколько инновационных проектов, находящихся на различных стадиях реализации, извлечение положительного эффекта происходит одновременно с инвестированием в программу финансовых средств. Вследствие вышесказанного, такое понятие как «период окупаемости» к программам стратегического характера неприменим. На старте программы допустимый уровень риска будет определяться только отношением ожидаемого эффекта к планируемым затратам.

К финальной стадии он снизится до значения, которое характеризует допустимое «неизвлечение» части запланированного положительного эффекта от инновации. Например, недостижение плановой суточной производительности съемочной системы инновационного космического аппарата, которое тем не менее обеспечивает доходность от его применения на уровне затрат на разработку. Типовая схема применительно к такого рода программам приведена на рисунке 2.

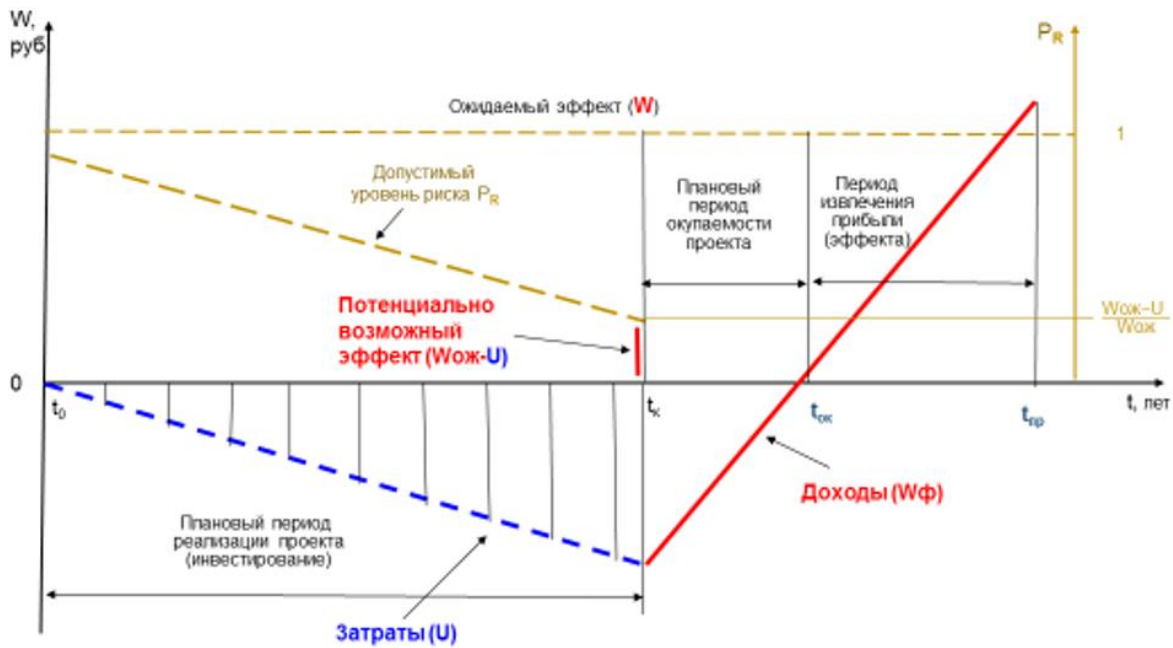


Рисунок 1. Типовые периоды инновационного проекта

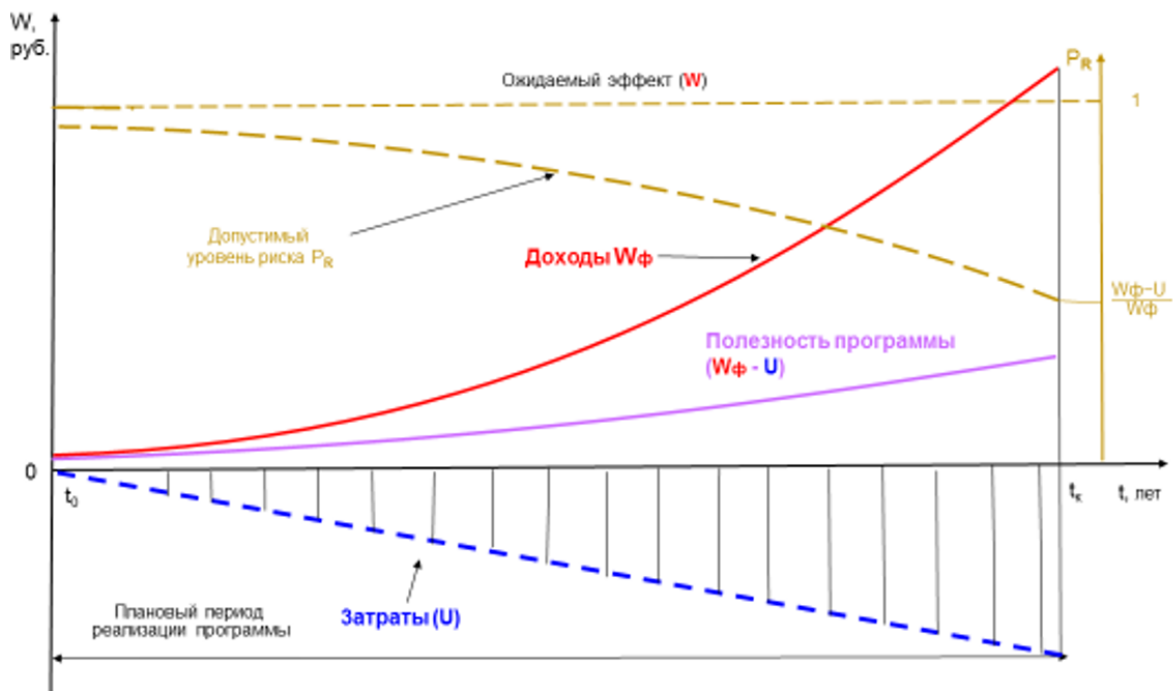


Рисунок 2. Эффекты стратегической программы технологических инноваций

В этом случае относительная стоимость под риском изменяется на интервале выполнения программы (t):

$$VaR(t) = \frac{U\phi(t) - W\phi(t)}{U\phi(t)}, \quad (4)$$

где $W\phi(t)$ – фактически полученный к моменту времени t эффект от реализуемых в программе инноваций;

$U\phi(t)$ – фактически понесенные затраты на реализацию программы.

С учетом (4) значение вероятности, при которой риск негативного результата инновационного проекта не превысит допустимого, определяется выражением:

$$P_R(t) < \frac{VaR(t)}{1 + VaR(t)} \quad (5)$$

Из приведенных выше соотношений следует, что при плановом ходе реализации программы допустимый уровень риска по мере возрастания стоимости под риском должен обеспечиваться снижением вероятности негативного исхода. На снижение его значения, при необходимости, должны быть направлены меры по

реагированию на риски. В ходе реализации программы ее риски снижаются в силу объективно снижающейся неопределенности (рисунок 3). Однако, это снижение следует контролировать, так как превышение вероятности негативного исхода над допустимыми значениями является критерием необходимости реагирования на риски, а непринятие этих мер, или недостаточная их результативность ведут к убыточности инновационной программы.

Указанное обстоятельство позволяет сформулировать в рамках процесса управления рисками инновационных программ стратегию управления рисками по критерию допустимого риска.

В ходе реализации в программу вносятся изменения. Возможны различные методы и способы оптимизации принимаемых решений, например, предложенные в работах [16,17,18,19], которые, в общем случае, сводятся к поиску решения, удовлетворяющего условию:

$$\Theta^{opt}(t) = \max_v \left(\frac{W_v(t) - W_0}{W_0} \right), \quad (6)$$

где v – вариант действий по изменениям программы;

W_0 - плановый результат выполнения программы (доход от реализуемых в программе инноваций);

$W_v(t)$ – плановый результат выполнения программы в варианте изменения программы – v .

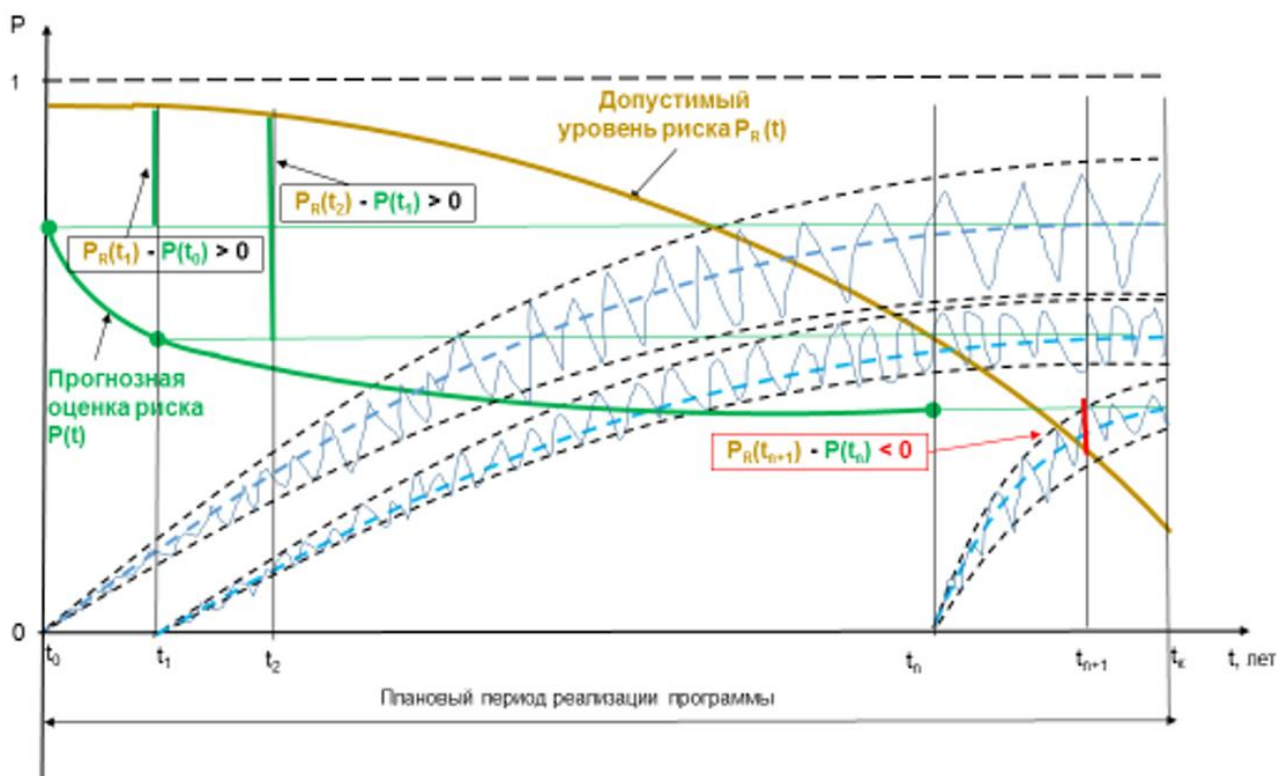


Рисунок 3. Составляющие риска стратегической программы технологических инноваций

Как было сказано выше, риски негативного исхода программы учитываются как ограничения в виде заданной функции. Если функция допустимого уровня риска задана в виде (5), то условие необходимости внесения изменений в программу по критерию допустимого риска может быть сформулировано следующим образом.

1. Принятый вариант программы (v) допустим, если вероятность негативного ее исхода $P(t)$ меньше допустимой $P_R(t)$ на текущем шаге мониторинга – условие необходимости.

2. Реализация программы по принятому варианту (v) допустима без выполнения мер по реагированию на риски, если вероятность негативного ее исхода, оцененная при формировании программы (t_0) или на текущем шаге мониторинга (t_n), меньше допустимой на временном интервале до следующего шага мониторинга ($t+\Delta t$) – условие достаточности:

$$P(t) < P_R(t+\Delta t), \quad (7)$$

где $P_R(t+\Delta t)$ – вероятность негативного исхода программы:

$$P_R(t+\Delta t) = \frac{W_{\phi}(t) + W_{ож}(t) - U_{з}(t+\Delta t)}{W_{\phi}(t) + W_{ож}(t) + U_{пл}(t+\Delta t)}, \quad (8)$$

где $W_{\phi}(t)$ – фактически полученный эффект (доход) от реализуемых в программе инноваций к моменту проведения оценки (мониторинга);

$W_{ож}(t)$ – планируемый эффект от реализуемых в программе инноваций в последующем, включая и послепрограммный период;

$U_3(t+\Delta t)$ – фактически понесенные затраты на реализацию программы и планируемые в период до следующего шага мониторинга;

$U_{пл}(t+\Delta t)$ – планируемые затраты на реализацию программы после следующего шага мониторинга ($t+\Delta t$).

Вышеприведенные условия определяют, что для обеспечения целесообразности программы необходимо и достаточно, чтобы в каждой точке контроля ее реализации прогнозируемые значения риска были меньше значений допустимого риска как в самой точке контроля, так и в ближайшей из последующих контролируемых точек.

В отличие от использования функции допустимого уровня риска, заданной через коэффициент экспоненты ($\lambda_{доп}$), функция, определенная на основе учета ресурсных затрат на программу, находящихся под риском (VaR), позволяет применить стратегию управления по допустимому уровню риска, тем самым оперативно (по данным мониторинга программы) при отклонениях хода реализации программы от плановых показателей принимать решения о необходимости формирования мер реагирования на риски, приостановке программы в целом или отдельных ее компонентов в рамках типовых процессов управления рисками.

При этом, следует иметь в виду, что приостановка программы или ее отдельных компонентов потребует учета не только финансового, но и репутационного и других видов ущерба. В практике технологических инноваций космической направленности при принятии подобных решений фиксируется фактически полученный научно-технический задел и анализируется возможность и направления его дальнейшего использования.

Предложенный подход оценки допустимого уровня риска применим не только при управлении стратегическими программами технологических инноваций, но и к проектам по созданию сложных технических систем. В этом случае в качестве показателей ресурсов, находящихся под риском, принимаются не экономические, а целевые показатели соответствующей системы. Для определения допустимого уровня риска применительно к космической технике по каждому из направлений применения результатов космической деятельности (J) выполняется оценка величины ежегодного (t) экономического эффекта:

$$W_j(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (V_{ni} * T_{ni}) \quad (9)$$

где n – тип космического аппарата (КА);

i – количество функционирующих КА n -го типа;

V_{ni} – вклад каждого КА в рассматриваемое направление экономического эффекта;

T_{ni} – коэффициент, определяющий долю времени применения КА по целевому назначению в течение календарного года.

Рассмотрим условный проект (программу из одного проекта) по обновлению орбитальной группировки космической системы связи инновационными КА нового поколения.

Пусть имеется космическая система спутниковой связи, включающая 36 космических аппаратов, каждый из которых обладает технической возможностью обработки до 12 000 типовых абонентских сеансов связи в сутки (КА1) и имеет фактическую загруженность на уровне 80%, что свидетельствует о превышении потребностей в представлении пользовательских сервисов над техническими возможностями системы, ограничивающими дальнейшее наращивание абонентской базы. Примем для простоты расчетов допущение о том, что пропускная способность всей системы (абонентов/ сутки) прямо пропорциональна пропускной способности КА, а сроки активного существования этих КА обуславливают необходимость вывода из состава орбитальной группировки в связи с истечением технического ресурса по 3 КА ежегодно.

Сформирована 12 летняя программа, предусматривающая создание КА нового поколения на основе инновационных технологий пропускной способностью до 60 000 сеансов в сутки (КА2), включающая проектные работы длительностью два года, изготовление, наземную и летную отработку опытного образца КА длительностью 3 года, подготовку серийного производства длительность 1 год с последующим изготовлением, запуском и вводом в состав системы по 6 КА ежегодно. Динамика возможностей рассматриваемой системы приведена на рисунке 4. Также учтен прогнозируемый предел востребованности системы (абонентской базы) в 1,1 млн сеансов/ сутки.

Примем за единицу величину экономического эффекта рассматриваемой космической системы в начале реализации программы (t_0). Относительные значения планируемого эффекта от реализуемых в программе инноваций, включая и послепрограммный период ($W_{ож}(t)$) и планируемых инвестиций в программу ($U_3(t)$), принятых из расчета половины (50 %) от ожидаемого экономического эффекта программы приведены в таблице 1. В таблице 1 представлены также результаты расчета параметров допустимого уровня риска программы ($P_R(t)$) по формулам (4) и (5).

Пусть одним из известных методов (технологий) [20] определено прогнозное значение риска программы, так что согласно формулам (8) и (9) необходимость принятия мер по снижению ее риска возникает на третьем году реализации (рисунок 5). Если в течение первых трех лет мониторинга отклонений от плановых показателей программы не было, то допустимый уровень риска не изменяется, а прогнозные значения риска снижаются вследствие снижения неопределенности условий реализации программы. При этом, необходимость принятия мер по реагированию на риски может сместиться «вправо». В рассматриваемом примере – на четвертый год реализации программы (рисунок 5), где прогнозное значение риска ($P(4) = 0,462$) превысило значение допустимого риска в последующей точке контроля программы ($Pp(5) = 0,461$).

$$P(4) > Pp(5).$$

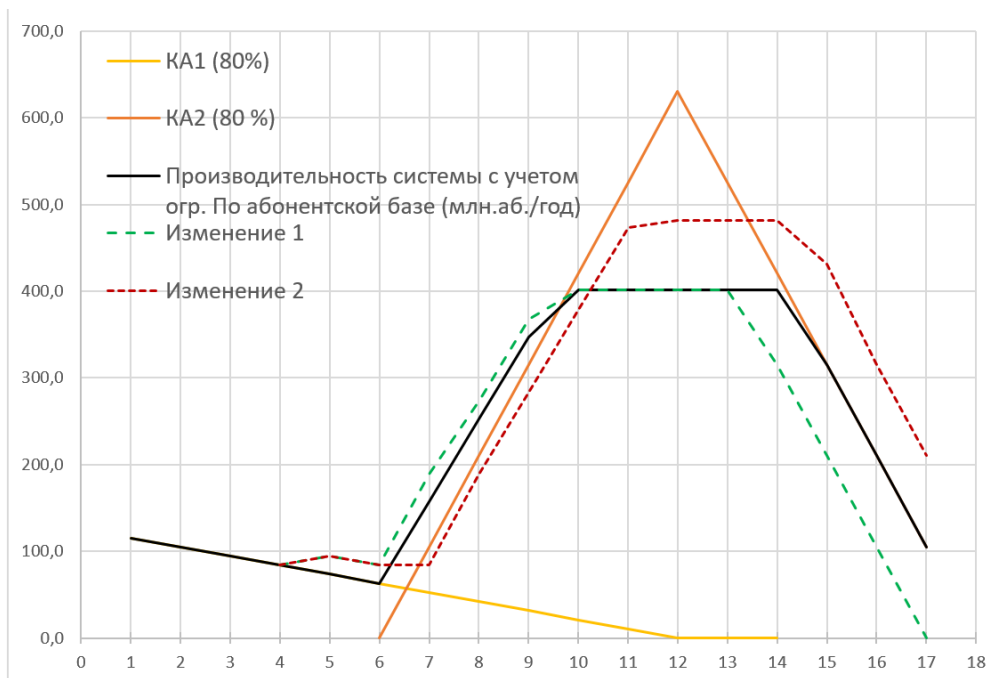


Рисунок 4. Динамика возможностей условной системы космической связи

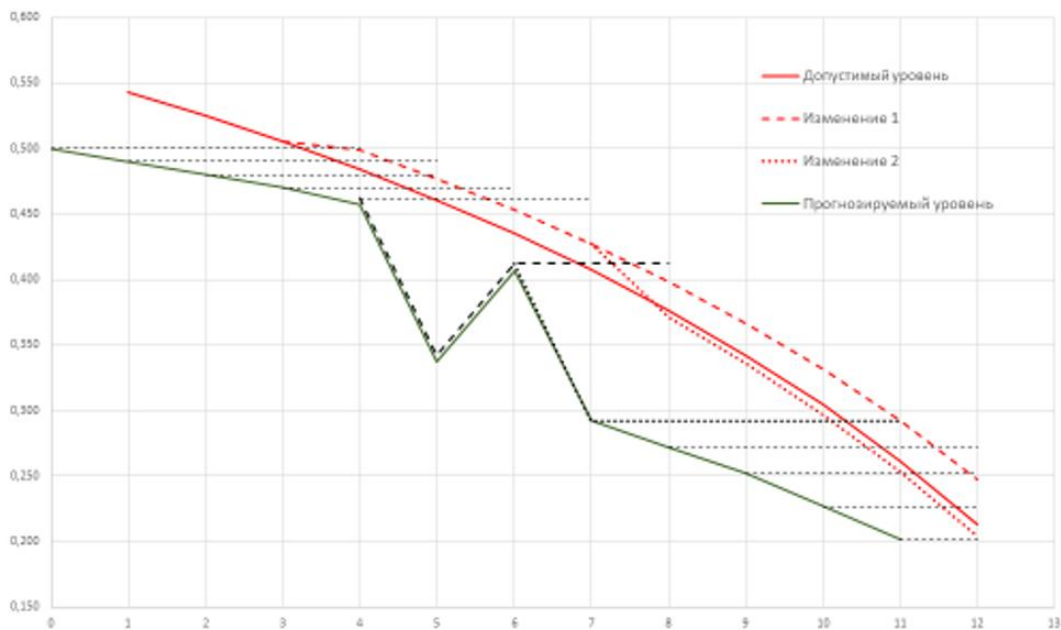


Рисунок 5. Риски реализации программы

Предположим, что среди возможных вариантов реагирования на риски, одним из известных методов, например, рассмотренном в [21], в качестве оптимального, выбран вариант, предусматривающий запуск 6 КА1 вместо одного «пакета» из 6 КА2 в последнем году реализации программы без изменения графика финансирования. Эти изменения (изменения 1) не только уменьшат прогнозируемые значения риска программы, но и увеличат значения допустимого уровня риска (рисунок 5), так как снижение технических возможностей системы при уменьшении орбитальной группировки на 6 КА типа КА2 не повлияет на ее эффект вследствие имеющихся ограничений по ожидаемому количеству потребителей (абонентов), а положительный эффект в пределах 12 лет реализации программы несколько увеличится (таблица 1).

С учетом изменения 1 при плановом ходе выполнения программы необходимость реагирования на риски возникнет не ранее 9 года ее реализации. Однако, предположим, что по итогам пятого года реализации программы возникли задержки на этапе экспериментальной отработки инновационной аппаратуры КА нового поколения, вызвавшие смещение графика работ «вправо» на один год и повышение значений прогнозируемого риска (рисунок 5). Такого рода отклонения вызывают не только повышение прогнозируемого риска, но и снижение уровня риска допустимого. В рассматриваемом примере за счет уменьшения полезного эффекта от реализации инноваций (рисунок 4).

Заметим, что рассмотренный выше вариант реагирования на риски путем наращивания группировки аппаратами мене технологичными, но освоенными в производстве лежит в области снижения риска методом «минимальной эскалации». Снижение рисков при этом методе обеспечивается за счет отказа от более сложных, то есть менее апробированных и более рискованных технологий на основе сопоставления характеристик разрабатываемого инновационного изделия (технологии) или его потребительских свойств с известными конкурирующими разработками. Однако, на рассматриваемом этапе программы такой прием будет недостаточным, так как приведет к заметному снижению возможностей системы по извлечению положительного эффекта и, как следствие, снижению допустимого уровня риска. Необходимо предусмотреть комплекс мер, направленных не только на снижение прогнозируемых значений риска, но и повышение, по возможности, уровня допустимого риска.

Предположим, что в качестве оптимального для рассматриваемых условий предложен вариант не только проведения дополнительных запусков, технологически отработанных КА (КА1), но и технологическая доработка КА2, позволяющая реализовать дополнительные пользовательские сервисы и расширить абонентскую базу системы на 15%. Такое комплексное решение позволит ограничить снижение допустимого уровня риска и обеспечить в дальнейшем отсутствие необходимости принятия мер реагирования на риски при условии планового хода реализации программы.

Таким образом, стратегия управления рисками инновационных программ по критерию допустимого риска предусматривает:

- определение параметров ресурсов разрабатываемой программы, находящихся под риском (ожидаемые эффекты, ресурсные затраты и динамику их распределения по этапам (годам) реализации программы, включая эффекты, планируемые к получению после ее завершения);
- прогнозное оценивание рисков достижения требуемых результатов в программные сроки и в пределах ресурсных ограничений;
- уточнение в ходе мониторинга программы прогнозных оценок риска программы;
- определение, по результатам этапного мониторинга, необходимости принятия мер реагирования на риски по критерию допустимого риска;
- выработка комплекса мер реагирования на риски (при необходимости), включающего как мероприятия по снижению (уклонению, принятию) рисков, так и по повышению допустимого уровня рисков;
- прогнозную оценку эффективности выработанного комплекса мер реагирования на риски или принятие решения о прекращении программы, если принятые меры не обеспечивают снижение риска до уровня ниже допустимого.

Предложенная стратегия позволяет оперативно принимать решения о внесении изменений или приостановке программы в целом или отдельных ее компонентов в рамках типовых процессов управления рисками, в том числе и при отклонениях хода реализации программы от плановых показателей.

Как было отмечено выше, при решении задач многофакторной оптимизации решений по порядку выполнения программ инновационного развития или внесения в них изменений, рискованность программы принимается в качестве ограничений. Вместе с тем, для условий, при которых фактор риска программы является определяющим, стратегия управления программой по допустимому уровню риска может быть определена как совокупность поэтапно принимаемых решений на временном интервале реализации

программы, обеспечивающих минимальное отклонение прогнозируемого риска от допустимого при выполнении заданных ограничений.

$$\Theta^{opt}(v, t) = \max_{v \in V} \left(\sum_{t=\Delta\tau}^T \left(\frac{W_{\phi}^v(t) + W_{ож}^v(t) - U_{\exists}^v(T-t)}{W_{\phi}^v(t) + W_{ож}^v(t) + U_{пл}^v(T-t)} - P(t) \right) \right), \quad (10)$$

где T – длительность реализации программы;

τ – интервал между контрольными точками.

Этот критерий отражает тот факт, что избыточность мер реагирования на риски ведет к дополнительным затратам, излишней загрузке органов управления программой и снижению эффективности системы управления рисками.

Представленный подход к оценке допустимого риска основан на следующих постулатах:

- риск – произведение вероятности наступления рискового события на потенциально возможный убыток от его наступления;
- уровень допустимого риска – изменяющаяся в ходе реализации программы функция, зависящая от соотношения фактических затрат и эффектов;
- допустимый уровень риска – гарантированный уровень безубыточности программы (проекта);
- допустимый уровень риска – показатель целесообразности реализации программы (проекта), достижения ее целей.

Представленный подход направлен на повышение обоснованности решений по управлению рисками инновационных программ и позволяет сделать следующие **выводы**:

1. Использование соотношения значений допустимого и прогнозного значений риска в качестве критерия необходимости принятия мер по реагированию на риски позволяет адаптировать систему управления рисками к специфике программы инновационного развития как объекта управления.

2. Определение значений допустимого уровня риска через стоимостные показатели позволяет определять и корректировать значения функции допустимого уровня риска на основе обосновывающих проектных материалов и данных мониторинга хода выполнения программ без привлечения дополнительных источников.

3. Стратегия управления рисками инновационных программ по критерию допустимого риска предусматривает первичную оценку и периодическое уточнение параметров риска достижения требуемых результатов и позволяет обосновывать целесообразность выполнения программы в целом или отдельных ее компонентов, а также решения о внесении изменений в программу.

4. Для условий при которых в задаче многофакторной оптимизации при принятии решений по внесению изменений в программы инновационного развития фактор риска является определяющим, критериальным условием выбора является минимизация отклонений прогнозируемого риска от допустимого, учитывающая, что избыточность мер реагирования на риски ведет к излишней загрузке органов управления программой.

Список литературы

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). Седьмое издание. Издатель Институт управления проектами, 2021. - 250 с.
2. ГОСТ Р 58781-2019. «Ракетно-космическая техника. Система менеджмента качества. Управление рисками при обеспечении качества изделий ракетно-космической техники». –М: «Стандартинформ» 2020. – 35 с.
3. ГОСТ Р ИСО 17666-2021. «Менеджмент риска. Космические системы». –М: «Стандартинформ» 2020. – 15 с.
4. Методические рекомендации по управлению рисками реализации национальных проектов, федеральных проектов, ведомственных проектов и региональных проектов. Письмо Аппарата Правительства Российской Федерации от 2 сентября 2024 г. №71937-Пб.
5. Блинов А.В., Петрухин Б.М., Разумов Д.А. Системный подход при решении проблемных вопросов управления рисками создания космических комплексов. «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И НАВИГАЦИЯ» // Тезисы докладов XXV международной научной конференции Изд. МАИ, 2021. 4-11 июля 2021 года -с. 96-98.
6. Костогрызов А. И. К методам системной инженерии: вероятностные подходы к анализу процесса управления качеством системы // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2022. Т. 18, № 2. С. 227-240. doi:<https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202202.227-240>.

7. Костогрызов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем – М.: Изд. "Вооружение, политика, конверсия", 2008. – 404с.
8. Абросимов Н.В., Махутов Н.А. и др. /Под ред. Махутова Н.А./ Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность. М.: МГОФ «Знание», 2018, - 1016с.
9. Probabilistic modeling in system engineering (Вероятностное моделирование в системной инженерии). InTechOpen, Edited by A. Kostogryzov, 2018, 279p. - URL: <http://www.intechopen.com/books/probabilistic-modeling-in-system-engineering>
10. A. Kostogryzov and V. Korolev, Probabilistic Methods for Cognitive Solving of Some Problems in Artificial Intelligence Systems (Вероятностные методы для когнитивного решения некоторых задач в системах искусственного интеллекта). Probability, combinatorics and control./ IntechOpen, 2020, pp. 3-34. — URL: <https://www.intechopen.com/books/probability-combinatorics-and-control>
11. Нистратов А.А. Аналитическое прогнозирование интегрального риска нарушения приемлемого выполнения совокупности стандартных процессов в жизненном цикле систем высокой доступности. Часть 1. Математические модели и методы // Системы высокой доступности. 2021. Т.17 №3, с. 16-31, Часть 2. Программно-технологические решения. Примеры применения // Системы высокой доступности. 2022. Т.18 №2, с. 42-57
12. Kostogryzov A., Makhutov N., Nistratov A., Reznikov G. Probabilistic predictive modeling for complex system risk assessments (Вероятностное упреждающее моделирование для оценок рисков в сложных системах). Time Series Analysis - New Insights. IntechOpen, 2023, pp. 73-105. <http://mts.intechopen.com/articles/show/title/probabilistic-predictive-modelling-for-complex-system-risk-assessments>
13. Костогрызов А.И., Нистратов А.А. Методический подход к вероятностному прогнозированию и сравнению качества функционирования систем в условиях неопределенности // Надежность. 2024. №1. С. 10-24.
14. Петрухин Б.М., Бычков Ю.В., Летагин А.А., Фурсаева Т.В. О допустимом уровне рисков реализации программ стратегического планирования технологических инноваций в развитии космических средств // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2024. Т. 23, № 4. С. 89-98.
15. Петрухин Б.М. Оценка меры рисков технологических инноваций по стоимостным показателям: /С.С. Комарчев, К.А. Липатов, Б.М. Петрухин, В.А. Соколов. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2024, том 11, выпуск 1, С. 25–36.
16. В.С. Кисиленко, С.В. Кисель, С.С. Комарчев, Б.М. Петрухин, В.А. Соколов // Методика выбора состава мероприятий федерального проекта создания космической техники в условиях заданных ресурсных ограничений с учетом ценности результатов решения целевых задач: Информация и космос. №4 2023. С. 146-160.
17. В.В. Малышев, С.А. Пиявский. Расширенный метод уверенных суждений ЛПР: // В книге: Системный анализ, управление и навигация. Тезисы докладов. 2019. С. 98-99.
18. В.В. Малышев, Д.А. Разумов Решение задачи многокритериальной оценки проектных решений АСУ космодрома методом уверенных суждений // Информация и космос. 2019. № 4. С. 78-82.
19. В.С. Брусов, П.О. Корчагин, В.В. Малышев, С.А. Пиявский. Расширенный метод "Уверенных суждений" при выборе многокритериальных решений в условиях многоцелевого подхода: // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2020. № 1. С. 96-108.
20. ГОСТ Р 58771-2019. «Менеджмент риска. Технологии оценки риска». –М: «Стандартинформ» 2020. – 90 с.
21. Петрухин Б.М., Сеницын Н.А., Соколов В.А. Методика оценки рисков технологических инноваций по аналогам. //Космонавтика и ракетостроение. 2024. № 1 (134). С. 133-143.

References

1. Rukovodstvo k Svodu znaniy po upravleniyu proektami (Rukovodstvo PMBOK). Sed'moe izdanie. Izdatel' Institut upravleniya proektami, 2021. - 250 s.
2. GOST R 58781-2019. «Raketno-kosmicheskaya tekhnika. Sistema menedzhmenta kachestva. Upravlenie riskami pri obespechenii kachestva izdelij raketno-kosmicheskoy tekhniki». –М: «Standartinform» 2020. – 35 s.

3. GOST R ISO 17666-2021. «Menedzhment riska. Kosmicheskie sistemy». –M: «Standartinform» 2020. – 15 s.
4. Metodicheskie rekomendacii po upravleniyu risami realizacii nacional'nyh proektov, federal'nyh proektov, vedomstvennyh proektov i regional'nyh proektov. Pis'mo Apparata Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 2 sentyabrya 2024 g. №71937-Pb.
5. Blinov A.V., Petruhin B.M., Razumov D.A. Sistemnyj podhod pri reshenii problemnyh voprosov upravleniya riskami sozdaniya kosmicheskikh kompleksov. «SISTEMNYJ ANALIZ, UPRAVLENIE I NAVIGACIYA» // Tezisy dokladov XXV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii Izd. MAI, 2021. 4-11 iyulya 2021 goda -s. 96-98.
6. Kostogryzov A. I. K metodam sistemnoj inzhenerii: veroyatnostnye podhody k analizu processa upravleniya kachestvom sistemy // Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie. 2022. T. 18, № 2. S. 227-240. doi:<https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202202.227-240>.
7. Kostogryzov A.I., Stepanov P.V. Innovacionnoe upravlenie kachestvom i riskami v zhiznennom cikle sistem – M.: Izd. "Vooruzhenie, politika, konversiya", 2008. – 404s.
8. Abrosimov N.V., Mahutov N.A. i dr. /Pod red. Mahutova N.A./ Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Tekhnogennaya, tekhnologicheskaya i tekhnosfernaya bezopasnost'. M.: MGOF «Znanie», 2018, - 1016s.
9. Probabilistic modeling in system engineering (Veroyatnostnoe modelirovanie v sistemnoj inzhenerii). InTechOpen, Edited by A. Kostogryzov, 2018, 279p. - URL: <http://www.intechopen.com/books/probabilistic-modeling-in-system-engineering>
10. A. Kostogryzov and V. Korolev, Probabilistic Methods for Cognitive Solving of Some Problems in Artificial Intelligence Systems (Veroyatnostnye metody dlya kognitivnogo resheniya nekotoryh zadach v sistemah iskusstvennogo intellekta). Probability, combinatorics and control./ IntechOpen, 2020, pp. 3-34. — URL: <https://www.intechopen.com/books/probability-combinatorics-and-control>
11. Nistratov A.A. Analiticheskoe prognozirovanie integral'nogo riska narusheniya priemlemogo vypolneniya sovokupnosti standartnyh processov v zhiznennom cikle sistem vysokoj dostupnosti. CHast' 1. Matematicheskie modeli i metody // Sistemy vysokoj dostupnosti. 2021. T.17 №3, s. 16-31, CHast' 2. Programmno-tekhnologicheskie resheniya. Primery primeneniya // Sistemy vysokoj dostupnosti. 2022. T.18 №2, s. 42-57
12. Kostogryzov A., Makhutov N., Nistratov A., Reznikov G. Probabilistic predictive modeling for complex system risk assessments (Veroyatnostnoe uprezhdayushchee modelirovanie dlya ocenok riskov v slozhnyh sistemah). Time Series Analysis - New Insights. IntechOpen, 2023, pp. 73-105. <http://mts.intechopen.com/articles/show/title/probabilistic-predictive-modelling-for-complex-system-risk-assessments>
13. Kostogryzov A.I., Nistratov A.A. Metodicheskij podhod k veroyatnostnomu prognozirovaniyu i sravneniyu kachestva funkcionirovaniya sistem v usloviyah neopredelennosti // Nadezhnost'. 2024. №1. S. 10-24.
14. Petruhin B.M., Bychkov YU.V., Letyagin A.A., Fursaeva T.V. O dopustimom urovne riskov realizacii programm strategicheskogo planirovaniya tekhnologicheskikh innovacij v razvitii kosmicheskikh sredstv // Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie. 2024. T. 23, № 4. S. 89-98.
15. Petruhin B.M. Ocenka mery riskov tekhnologicheskikh innovacij po stoimostnym pokazatelyam: /S.S. Komarchev, K.A. Lipatov, B.M. Petruhin, V.A. Sokolov. Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy, 2024, tom 11, vypusk 1, S. 25–36.
16. V.S. Kisilenko, S.V. Kisel', S.S. Komarchev, B.M. Petruhin, V.A. Sokolov // Metodika vybora sostava meropriyatij federal'nogo proekta sozdaniya kosmicheskoy tekhniki v usloviyah zadannyh resursnyh ogranichenij s uchetom cennosti rezul'tatov resheniya celevykh zadach: Informaciya i kosmos. №4 2023. S. 146-160.
17. V.V. Malyshev, S.A. Piyavskij. Rasshirennyj metod uverennyh suzhdenij LPR: // V knige: Sistemnyj analiz, upravlenie i navigaciya. Tezisy dokladov. 2019. S. 98-99.
18. V.V. Malyshev, D.A. Razumov Reshenie zadachi mnogokriterial'noj ocenki proektnykh reshenij ASU kosmodroma metodom uverennyh suzhdenij // Informaciya i kosmos. 2019. № 4. S. 78-82.
19. V.S. Brusov, P.O. Korchagin, V.V. Malyshev, S.A. Piyavskij. Rasshirennyj metod "Uverennyh suzhdenij" pri vybore mnogokriterial'nykh reshenij v usloviyah mnogocelevogo podhoda: // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya. 2020. № 1. S. 96-108.
20. GOST R 58771-2019. «Menedzhment riska. Tekhnologii ocenki riska». –M: «Standartinform» 2020. – 90 s.
21. Petruhin B.M., Sinicyn N.A., Sokolov V.A. Metodika ocenki riskov tekhnologicheskikh innovacij po analogam. //Kosmonavtika i raketostroenie. 2024. № 1 (134). S. 133-143.

Петрухин Борис Михайлович, заместитель начальника центра, канд. техн. наук, АО «ЦНИИМаш, г. Королёв, РФ e-mail: PetrukhinBM@tsniimash.ru.

Томшин Александр Сергеевич, заместитель начальника отдела, АО «ЦНИИМаш, г. Королёв, РФ, e-mail: TomshinAS@tsniimash.ru.