

Научная статья
УДК 623

Метод снижения риска при планировании развития системы стратегических ракетных вооружений

Андрей Александрович Мунтяну

Аннотация. В статье представлен разработанный на основе теории булевого программирования военно-прикладной метод снижения риска, идея которого заключается в обосновании в пространстве показателей «риск-стоимость» наиболее предпочтительной группы компенсационных мер организационно-технического характера, реализация которых в рамках располагаемых финансовых ресурсов обеспечит снижение ожидаемых негативных последствий срыва выполнения программных мероприятий. Разработанный метод может применяться органами государственного и военного управления, научно-исследовательскими и образовательными организациями федеральных органов исполнительной власти при проведении исследований по обоснованию как отдельных программных мероприятий, так и в целом программы развития системы стратегических ракетных вооружений.

Ключевые слова: стратегическое ядерное сдерживание; система стратегических ракетных вооружений; программное мероприятие; риск; компенсационные меры

Для цитирования: Мунтяну А.А. Метод снижения риска при планировании развития системы стратегических ракетных вооружений // Вооружение и экономика. 2024. №2(68). С. 58-71.

Original article

Method of Risk Reducing in Planning of Strategic Missile Weapon System Development

Andrei A. Muntianu

Abstract. The article presents a military-applied risk reducing method developed on the basis of the theory of Boolean programming. Its idea is to substantiate in the space «risk-cost» indicators of the most preferred compensatory measures group of managemental and technical pattern, which implementation within the available financial resources will reduce the expected negative consequences of program activities implementation disruption. The developed method can be used by the government and military authorities, research and educational organizations of federal executive authorities in the course of research for both individual program activities and overall development program validation of the strategic missile weapon system.

Keywords: strategic nuclear deterrence; strategic missile weapon system; program event; risk; compensatory measures

For citation: Muntianu A.A. Method of Risk Reducing in Planning of Strategic Missile Weapon System Development // Armament and Economics. 2024. No.2(68). P. 58-71.

Современный этап развития межгосударственного противоборства характеризуется совершенствованием США и их союзниками по НАТО форм и способов ведения военных действий различными воинскими формированиями, внедрением и апробацией принципов технологического превосходства над потенциальным противником, а также созданием новых, в том числе и инновационных, видов вооружения и военной техники (ВВТ), способных обеспечить достижение поставленных военно-политическим руководством НАТО целей и задач на различных театрах военных действий.

Обеспечение военной безопасности Российской Федерации в таких условиях является одной из важнейших задач государства и приоритетным направлением его деятельности в целях адекватного реагирования на военные опасности и потенциальные угрозы. В долгосрочной перспективе ключевое место в обеспечении военной безопасности Российской Федерации продолжит занимать стратегическое ядерное сдерживание.

Материально-техническую основу группировки сил, решающих задачу стратегического ядерного сдерживания агрессии против Российской Федерации и ее союзников (далее – задачу ядерного сдерживания), составляет система стратегических ракетных вооружений (СРВ), которая включает в себя следующие классы (образцы) вооружения и военной техники (ВВТ) –

ударные средства и их носители различного вида базирования, пункты управления различного ранга и специализированные обеспечивающие технические комплексы и средства.

Развитие СРВ осуществляется на основе обоснования, формирования и реализации согласованной и взаимосвязанной по составу, срокам, ресурсам и исполнителям соответствующей программы работ, которая включает в себя мероприятия различной целевой направленности – разработку и создание образцов ВВТ, их серийное производство, модернизацию, ремонт, а также продление сроков эксплуатации.

Накопленный в последние десятилетия опыт научного обоснования и военно-научного сопровождения программных мероприятий показывает, что современный этап развития СРВ характеризуется появлением новых и оперативной трансформацией существующих социально-экономических, научно-технических, производственно-технологических и др. дестабилизирующих факторов различной природы [1-3], действие которых способно спровоцировать возникновение ситуаций, связанных с нарушением хода выполнения программных мероприятий, и привести к невозможности решения задачи ядерного сдерживания.

Для разрешения подобного рода кризисных ситуаций в научно-исследовательских организациях (НИО) Минобороны России и на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) Российской Федерации были разработаны и внедрены методы и методики военно-научных исследований, позволяющие осуществлять выработку и принятие решений при планировании развития ВВТ на основе учета риска.

Анализ работ [4-10] показывает, что в военно-прикладном плане сущность и толкование такого понятия как «*риск*» является многомерным и неоднозначным. В зависимости от специфики рассматриваемых проблем и решаемых задач авторами используются различные определения и подходы к его классификации. Из наиболее часто встречающихся в военно-научной и военно-технической литературе можно отметить следующие виды риска:

- финансово-экономический риск;
- научно-технический риск;
- производственно-технологический риск;
- военно-технический риск;
- стратегический риск и др.

В статье, учитывая рассматриваемую предметную область, будет вестись речь о *военно-техническом риске* (далее – риск), под которым будет пониматься *категория, характеризующая неопределенность достижения планируемых результатов реализации программных мероприятий, направленных на обеспечение гарантированного решения задачи ядерного сдерживания в прогнозируемых условиях военно-политической обстановки.*

Рассматриваемый вид риска может характеризоваться следующим кортежем:

$$\langle S_a, P_a(t), U_a(t), R \rangle, \begin{cases} a = 1, \dots, A, \\ t \in \Delta T, \end{cases} \quad (1)$$

где S_a – рисковое событие, связанное с нарушением хода выполнения программных мероприятий; a – порядковый номер рискового события; A – общее количество рисковых событий; t – единичный дискретный момент времени; ΔT – программный период; $P_a(t)$ – вероятность возникновения a -го рискового события в момент времени t ; $U_a(t)$ – негативные последствия (ущерб¹) от возникновения a -го рискового события в момент времени t ; R – интегральное ожидаемое значение ущерба от возникновения рисковых событий на протяжении всего программного периода.

В соответствии с [4] под *управлением риском* понимается многоэтапный процесс идентификации источников возникновения риска (факторов риска), анализа возможности и последствий их деструктивного влияния и реагирования в целях достижения минимальной или приемлемой величины ожидаемых последствий. При этом в качестве наиболее

¹ В соответствии с [2] ущерб от возникновения рисковых событий может выражаться в различных сферах деятельности государства (геополитической, военной безопасности, экономической и др.). В данной статье под негативными последствиями от возникновения рисковых событий понимается снижение уровня решения задачи ядерного сдерживания.

распространенных способов (методов) реагирования на риск при планировании развития ВВТ рассматриваются [4; 11; 12]:

- *принятие риска*. Данный способ предполагает реализацию программных мероприятий вне зависимости от видов будущих рисков и их оценок. При этом факт принятия риска не означает его игнорирование. Риск и развитие событий, с ним связанных, подлежат тщательному контролю и при необходимости пересмотру стратегии реагирования на него;

- *уклонение от риска*. Суть данного способа заключается в снижении вероятностей возникновения рисков событий и/или снижении величины последствий от их проявления путем исключения наиболее рискованных работ из планируемого к реализации комплекса мероприятий или, в отдельных случаях, переносу сроков их выполнения;

- *контроль риска*. Этот способ реагирования предполагает снижение величины ущерба уже после проявления рискованного события на этапе реализации сформированной программы развития ВВТ. Наиболее эффективной практикой контроля риска является выделение дополнительных финансовых ресурсов в случае возникновения рискованного события, пересмотр времени выполнения работ или снижение предъявляемых требований к образцам ВВТ;

- *передача риска*. Суть данного способа заключается в привлечении сторонней организации или их группы к выполнению процедур по компенсации потерь от проявления рискованных событий как на этапе планирования, так и при реализации программных мероприятий. В качестве традиционных мер компенсации негативных последствий при возникновении рискованных событий рассматривается страхование проводимых работ или заключение контрактных соглашений, при которых последствия материализации риска делятся поровну или в заранее согласованной пропорции между заказывающим органом и исполнителем контракта.

В соответствии с представленной классификацией разработанный автором метод может быть отнесен к военно-прикладным способам уклонения от риска и его контроля, т.к. он может применяться непосредственно как при формировании предложений в проекты программных и плановых документов развития ВВТ, так и на этапе их реализации.

Идея разработанного метода заключается в следующем.

Предполагается, что на очередной программный период ΔT задан исходный вариант программы развития СРВ Π_i с известными базовыми значениями показателей эффективности W_i , стоимости C_i и риска R_i . В рамках проводимого планирования в интересах снижения величины риска могут быть приняты *компенсационные меры*, реализация которых позволит снизить базовое значение показателя риска на величину ΔR_i .

Основываясь на результатах исследований [11; 13; 14] можно отметить, что в качестве компенсационных могут рассматриваться:

1) *организационно-технические меры*, ориентированные на изменение номенклатурных, временных, количественных и качественных параметров программных мероприятий или их составных этапов, обоснование и начало выполнения новых работ, обладающих высокой значимостью в сформированных условиях обстановки, или закрытие работ, потерявших свою актуальность ввиду финансовых, технологических, политических и др. причин;

2) *финансово-экономические меры*, направленные на финансовую и ресурсно-экономическую поддержку наиболее приоритетных направлений исследований, разработок и производства ВВТ, реализация которых в ускоренных темпах позволит обеспечить достижение требуемых тактико-технических характеристик образцов ВВТ или их потребной штатной численности в Вооруженных Силах РФ.

В разработанном методе рассматриваются только *организационно-технические меры*, под которыми понимаются *предложения по балансировке параметров программных мероприятий по развитию СРВ, включая их открытие и приостановку выполнения, реализация которых посредством проведения организационных, научно-технических, производственных и др. видов работ обеспечит снижение ожидаемых последствий возникновения рискованных событий*.

Исходя из многообразия компенсационных мер и широкого спектра вариантов их возможного исполнения, в статье принят следующий подход к их формализации.

Пусть g_{eb} является компенсационной мерой, где $e = 1, \dots, E$ – тип компенсационной меры, а $b = 1, \dots, B$ – вариант исполнения компенсационной меры.

В качестве гипотетического примера можно представить следующую интерпретацию параметра g_{eb} :

g_{11} – дополнительное производство 9 ед. стационарных носителей ударных средств наземного базирования;

g_{12} – дополнительное производство 15 ед. стационарных носителей ударных средств наземного базирования;

g_{21} – увеличение плановых сроков модернизации стационарного пункта управления стратегического ранга на 1 год;

g_{22} – увеличение плановых сроков модернизации стационарного пункта управления стратегического ранга на 2 года;

g_{31} – снижение объемов закупок ударных средств воздушного базирования на 20 ед.;

g_{32} – снижение объемов закупок ударных средств воздушного базирования на 45 ед.;

g_{41} – снижение объемов модернизации носителей ударных средств воздушного базирования на 2 ед.;

g_{42} – снижение объемов модернизации носителей ударных средств воздушного базирования на 3 ед.;

g_{51} – увеличение объемов закупок мобильных пунктов управления тактического ранга на 2 ед.;

g_{52} – увеличение объемов закупок мобильных пунктов управления тактического ранга на 3 ед.

Совокупность компенсационных мер образует их группу G_j ($j = 1, \dots, J$, где j – номер группы, J – общее количество групп), многовариантность которой может достигаться путем перебора комбинаторных сочетаний компенсационных мер определенных типов и вариантов их исполнения.

В интересах снижения величины риска проводится поиск такой группы компенсационных мер из множества альтернативных G_j^* , обеспечивающей максимальную абсолютную или относительную рассогласованность значений показателей риска $\Delta R_i(G_j)$ исходного варианта программы развития СРВ и скорректированного варианта, в котором предполагаются изменения некоторых номенклатурных, стоимостных, временных, количественных и качественных параметров программных мероприятий.

Учитывая, что балансировка параметров программных мероприятий может привести к изменению объемов (трудоемкости) различного вида работ, то в качестве основных рассматриваются финансовые ограничения, которые предполагают, что общие потребные затраты финансовых ресурсов на выполнение скорректированного варианта программы развития СРВ $C_i(G_j)$ не должны превышать аналогичные затраты исходного варианта, подвергаемого корректуре:

$$G_j^* = \underset{j=1, \dots, J}{\operatorname{argopt}}(G_j), \quad (2)$$

$$G_j^* : \begin{cases} \Delta R_i(G_j) \rightarrow \max, \\ C_i(G_j) \leq C_i. \end{cases} \quad (3)$$

В качестве основных *допущений* при решении рассматриваемой задачи выступают следующие положения:

- при своевременной, полной и качественной реализации исходного варианта программы развития СРВ обеспечивается гарантированное решение задачи ядерного сдерживания в прогнозируемых условиях военно-политической обстановки;

- возникновение рискованных событий на рассматриваемом программном периоде способно привести к снижению уровня решения задачи ядерного сдерживания, однако, эти последствия могут быть минимизированы;

- типовой перечень и варианты исполнения компенсационных мер заранее определены и являются реализуемыми;

- корректировка программных мероприятий посредством внедрения любой комбинации компенсационных мер не приводит при их своевременной, полной и качественной реализации к невозможности решения задачи ядерного сдерживания;

- любая реализуемая комбинация компенсационных мер не способна привести к несоответствию количественно-качественного состава группировки сил, формируемого при реализации программы, установленным нормативными правовыми документами требованиям;

- компенсационные меры различных типов в организационном и технологическом плане являются независимыми и невзаимозаменяемыми.

Выражения (2), (3) представляют собой нелинейную задачу многокритериальной оптимизации, в которой управляемыми переменными выступают типы и варианты исполнения компенсационных мер. Для ее решения применяется модифицированный автором алгоритм Балаша, который относится к алгоритмам булевого программирования².

Преимущество и целесообразность использования алгоритма такого класса при решении рассматриваемой задачи обусловлено следующим:

1) универсальностью данного алгоритма для решения задач синтеза структур и составов различных сложных технических (организационно-технических, военно-технических) систем, в которых переменные являются целочисленными;

2) возможностью формализованного представления множества компенсационных мер в виде целочисленных булевых переменных, принимающих значения 0 или 1;

3) возможным наличием в целевой функции или системе ограничений простейших математических операций, не требующих громоздких вычислений при наличии необходимых исходных данных;

4) наличием некоторых правил перебора и исключения вариантов, что позволяет найти допустимое по всем ограничениям и близкое к оптимальному решение задачи уже на начальных итерациях.

Необходимо отметить, что невозможность выявления взаимосвязи и построения достаточно достоверных зависимостей между вкладом компенсационных мер в ликвидацию последствий возникновения рисков событий и моментами времени их возникновения за счет неоднородности проявления и негативного влияния дестабилизирующих факторов на процесс развития СРВ определяют необходимость модификации стандартного алгоритма Балаша в направлении учета неаддитивного характера целевой функции посредством обращения к вспомогательным моделям и методикам, позволяющим проводить дифференцированную оценку вклада любой комбинации компенсационных мер в снижение риска.

Информационная взаимосвязь разработанного метода с существующим комплексом методик и моделей, используемых при планировании развития СРВ и частично раскрытых в работах [2; 4; 15-21], представлена на рисунке 1.

Далее раскрыты особенности проведения исследований в соответствии с разработанным методом.

Пусть G_j является матрицей формализованного отображения группы компенсационных мер и может включать в себя различные комбинации булевых переменных:

$$G_j = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1B} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{E1} & g_{E2} & \dots & g_{EB} \end{pmatrix}, g_{eb} = 0 \vee 1. \quad (4)$$

Если в данной матрице $g_{eb} = 1$, то будем считать, что b -й вариант компенсационной меры e -го типа включен в группу, в ином случае $g_{eb} = 0$. При этом в матрицу G_j может входить одновременно только один вариант компенсационной меры каждого типа:

$$G_j: \forall e = 1, \dots, E \Rightarrow g_{e1} \vee g_{e2} \vee \dots \vee g_{eB} = 1. \quad (5)$$

² Описание метода булевого программирования. URL: https://np-soft.ru/npprojekt/quick_np/appen-dex/algs/balas/man.htm

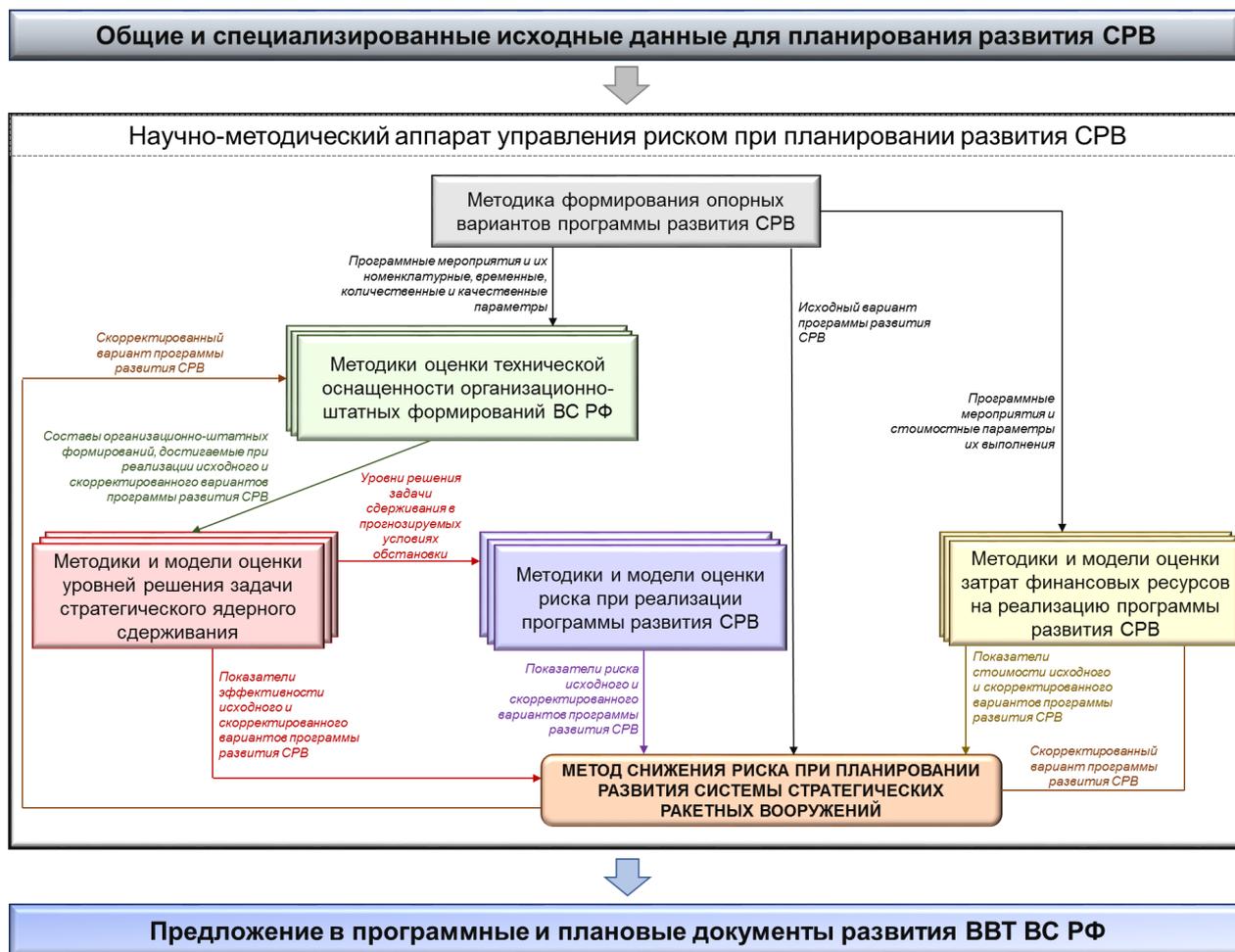


Рисунок 1 – Информационно-логическая схема исследований по управлению риском при планировании развития СВВ

Например, если под компенсационной мерой g_{eb} понимать проведение модернизации образца ВВТ в интересах его оснащения одним из двух взаимоисключающих типов технологического оборудования (g_{e1} – модернизация образца ВВТ под технологическое оборудование 1-го типа, g_{e2} – модернизация образца ВВТ под технологическое оборудование 2-го типа), то выражение (5) в математическом виде исключает объективно существующую на практике невозможность одновременной модернизации образца ВВТ под два типа этого оборудования.

Без учета условия (5) рассматриваемая задача – (2), (3) – будет иметь $J = 2^{E*B}$ различных вариантов ее решения. Однако далее все решения, в которых предполагаются сочетания двух и более вариантов исполнения компенсационной меры в рамках одного ее типа, будут автоматически исключаться из рассмотрения, что позволит уменьшить размерность решаемой задачи.

Группу компенсационных мер, соответствующую матрице G_j , будем считать: «актуальной» G_j^A , если она удовлетворяет стоимостному ограничению (2); «доминирующей» G_j^D , если $\Delta R_i(G_{j-1}^A) < \Delta R_i(G_j^A)$; «предпочтительной» G_j^* , если она удовлетворяет стоимостному ограничению и обеспечивает максимум целевой функции из всех фактически рассмотренных вариантов.

Проведем декомпозицию общего количества альтернативных групп компенсационных мер на $E + 1$ подмножеств с порядковыми номерами $\delta = 0, 1, 2, \dots, \Lambda$ таким образом, что δ -е подмножество содержит все группы, у которых в δ строках матрицы G_j хотя бы одна булева переменная равна 1, и $\Lambda - \delta$ строк со всеми переменными, равными 0.

Следовательно:

При $\delta = 0$, подмножество состоит из одной группы:

$$G_j = 0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

При $\delta = 1$, подмножество включает $\frac{J!}{1!(J-1)!}$ групп, в которых:

$$\begin{cases} g_{e1} \vee g_{e2} \vee \dots \vee g_{eB} = 1, \\ \forall g_{e'b} = 0, e' \neq e, \\ e = 1, \dots, E. \end{cases} \tag{6}$$

Например:

$$G_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \text{ или } G_j = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

δ -е подмножество состоит из $\frac{J!}{\delta!(J-\delta)!}$ групп.

Например, для $\delta = 3$ матрица G_j может иметь вид:

$$G_j = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Упорядочим все варианты решений с помощью диаграммы, где каждая вершина представляет собой альтернативную группу компенсационных мер G_j и имеет дробную числовую нумерацию. В числителе указан номер строки, в знаменателе – номер столбца матрицы G_j , переменная которой равна 1. Все остальные переменные такой матрицы равны 0.

На рисунке 2 приведен пример фрагмента диаграммы для $E = 3$ и $B = 3$, а, например, вершина $\left(\frac{1}{1}, \frac{2}{3}\right)$ соответствует следующему варианту группы компенсационных мер:

$$G_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

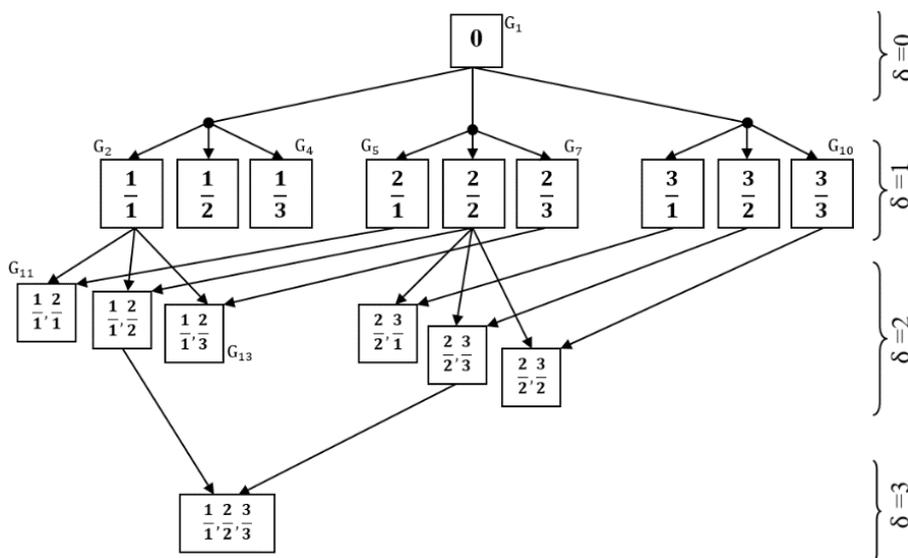


Рисунок 2 – Фрагмент диаграммы решений

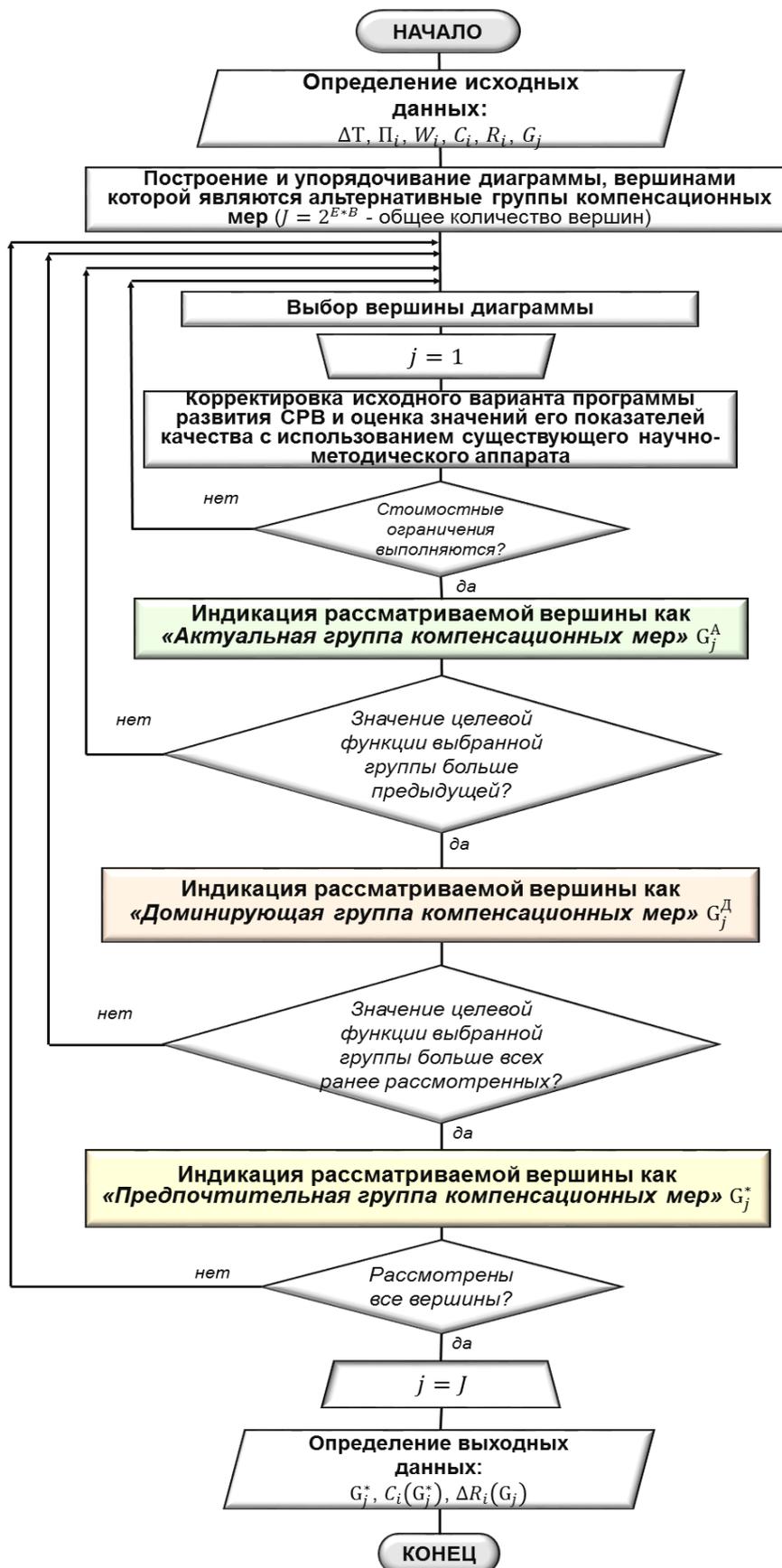


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма поиска предпочтительной группы компенсационных мер

При необходимости дуги на диаграмме также могут иметь дробную нумерацию. В числителе этот индекс будет означать строку, а в знаменателе столбец матрицы, переменная которой равна 1 в вершине, где дуга кончается, и 0, где начинается.

Если в диаграмме существует путь от одной вершины к другой, то такие вершины называются «предшествующей» и «следующей» соответственно. Каждую вершину можно достичь из самой верхней вершины посредством одной или нескольких цепей, соответствующих различным способам, которыми можно придавать значения $g_{eb} = 1$. Все вершины являются «следующими» за самой верхней и «предшествующими» самой нижней.

Поиск предпочтительной группы компенсационных мер проводится путем неявного перебора по алгоритму, который начинает работу с вершины, соответствующей подмножеству $\delta = 0$. Блок-схема такого алгоритма представлена на рисунке 3.

При наличии достаточного объема исходных данных в интересах повышения оперативности перебора вершин могут быть применены следующие правила³, уточненные в соответствии с особенностями решения рассматриваемой задачи.

Правило №1 – если варианты исполнения компенсационных мер определенного типа ($e = const, b = 1, \dots, B$) можно упорядочить по возрастанию значения стоимостного показателя исходного варианта программы развития СРВ, то значения данного показателя каждой последующей вершины, в которую включена компенсационная мера рассматриваемого типа, может только возрасти.

Исходя из этого, если какая-либо вершина из δ -го подмножества не соответствует стоимостному неравенству (3), то просматривать остальные вершины, в которых тип компенсационной меры аналогичен, но ее вариант исполнения по порядковому номеру больше, не имеет смысла.

Например, на рисунке 2, если вершина $\left(\frac{1}{1}\right)$ не удовлетворяет стоимостному условию (3), то в рассмотрении вершин $\left(\frac{1}{2}\right)$ и $\left(\frac{1}{3}\right)$ нет необходимости.

Правило №2 – если типы компенсационных мер вне зависимости от количества вариантов их исполнения ($e = 1, \dots, E$) можно упорядочить по возрастанию значения стоимостного показателя варианта программы развития СРВ, то значения данного показателя каждой последующей вершины, в которую включена компенсационная мера другого типа, может только возрасти.

Исходя из этого, если какая-либо вершина из δ -го подмножества не соответствует стоимостному неравенству (3), то просматривать остальные вершины, в которых типы компенсационных мер по порядковым номерам больше, не имеет смысла.

Например, на рисунке 2, если вершина $\left(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}\right)$ не удовлетворяет стоимостному условию (3), то в рассмотрении вершин, предполагающих совместную комбинацию компенсационных мер 2-го, 3-го, 4-го и т.д. типов не имеет смысла.

Правило №3 – Рассмотрим вершину, соответствующую j -й группе компенсационных мер, у которой $g_{e1} \vee g_{e2} \vee g_{e3} \vee \dots \vee g_{eB} = 1, e \in j$ и $g_{eb} = 0, \begin{cases} e \in \Lambda - j, \\ b = 1, \dots, B. \end{cases}$ Все «следующие» вершины обязательно должны иметь значения булевых переменных, аналогичных j -му варианту. Эти переменные будем называть «фиксированными», а остальные – «свободными».

Если j -я группа компенсационных мер не является предпочтительной, то можно считать, что нет достаточного числа свободных переменных, которые бы удовлетворяли принятому ограничению.

Например, если рассматриваемая вершина соответствует матрице:

$$G_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

³ Задача булева программирования и аддитивный алгоритм ее решения. URL: <https://iasa.org.ua/lections/iso/4/4.4.htm>

которая не является формализованным отображением предпочтительной группы компенсационных мер. Когда это происходит, проверять «следующие» за рассматриваемой вершины $(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{3}{1})$, $(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{3}{2})$ нет необходимости.

Правило №4 – Когда подмножество булевых переменных фиксировано, то какое-либо ограничение может заставить некоторые другие переменные также стать «фиксированными».

Например, если имеется ограничение: $C_i(G_j) \leq 500\,000$ у.е., а рассматриваемая вершина соответствует матрице:

$$G_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

при которой показатель $C_i(G_j) = 450\,000$ у.е., то все «следующие» вершины $(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{3}{1})$, $(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{4}{1})$, $(\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1})$ и т.д. должны в сумме давать прибавку к значению стоимостного показателя не более 50 000 у.е.

Представленные правила ограничения области допустимых решений в рассматриваемой задаче не являются конечными. Они могут подлежать совместному применению и дополняться по мере накопления статистических данных при проведении исследований.

Для демонстрации работоспособности разработанного метода предлагается к рассмотрению следующий пример.

Пусть в предстоящем программном периоде планируется к выполнению комплекс программных мероприятий по развитию СРВ, включающий:

- закупку образцов ВВТ типа 1 (ВВТ-1) в количестве 35 ед.;
- закупку образцов ВВТ типа 2 (ВВТ-2) в количестве 42 ед.;
- закупку образцов ВВТ типа 3 (ВВТ-3) в количестве 6 ед.;
- закупку образцов ВВТ типа 4 (ВВТ-4) в количестве 5 ед.;
- создание образца ВВТ типа 5 (ВВТ-5) и его закупка в количестве 180 ед.;
- модернизацию двух образцов ВВТ типа 6 (ВВТ-6) с дополнительным оснащением их новым технологическим оборудованием;
- модернизацию одного образца ВВТ типа 7 (ВВТ-7) с дополнительным оснащением его новыми техническими средствами.

Стоимость выполнения рассматриваемых работ составляет 1900 у.е. Их успешная реализация обеспечит решение задачи ядерного сдерживания в прогнозируемых условиях военно-политической обстановки на требуемом уровне.

Вместе с тем при выполнении программных мероприятий прогнозируется действие ряда дестабилизирующих факторов, способных привести к срыву их выполнения. Предположим, что наиболее риск-образующими являются мероприятия по модернизации ВВТ-6 и ВВТ-7, а также закупкам ВВТ-3 и ВВТ-4. Значение показателя риска рассматриваемого комплекса мероприятий составляет 14,7% и может быть снижено посредством проведения балансировки некоторых параметров наиболее рискованных работ.

В таблице 1 представлены исходные данные по перечню компенсационных мер, которые гарантировано не приводят к снижению уровня решения задачи ядерного сдерживания и могут быть приняты к исполнению для снижения риска.

В таблице 2 представлены данные по влиянию рассматриваемых компенсационных мер на общую стоимость выполнения всех программных мероприятий.

В таблице 3 приведены результаты оценки значений показателя риска комплекса программных мероприятий, скорректированного на основе комбинаторного сочетания рассматриваемых компенсационных мер.

Таблица 1 – Исходные данные по перечню компенсационных мер

Тип компенсационной меры	Вариант исполнения компенсационной меры
1. Изменение объема закупок ВВТ-1	1.1. Закупка дополнительных 4 ед. ВВТ-1
	1.2. Закупка дополнительных 6 ед. ВВТ-1
2. Изменение объема закупок ВВТ-5	2.1. Снижение объемов закупок ВВТ-5 на 10 ед.
	2.2. Снижение объемов закупок ВВТ-5 на 25 ед.
3. Изменение состава и сроков модернизации ВВТ-6	3.1. Увеличение сроков модернизации одного ВВТ-6 на 1 год
	3.2. Увеличение сроков модернизации одного ВВТ-6 на 1 год без оснащения его новым технологическим оборудованием
4. Изменение состава и сроков модернизации ВВТ-7	4.1. Увеличение сроков модернизации ВВТ-7 на 1 год
	4.2. Увеличение сроков модернизации ВВТ-7 на 1 год без оснащения его новыми техническими средствами
5. Изменение объемов закупок ВВТ-3 и ВВТ-4	5.1. Снижение объемов закупок ВВТ-4 на 1 ед., а ВВТ-3 на 2 ед.
	5.2. Снижение объемов закупок ВВТ-3 и ВВТ-4 на 2 ед. каждого

Таблица 2 – Вклад компенсационных мер в стоимость выполнения комплекса программных мероприятий

Тип компенсационной меры	Вариант исполнения компенсационной меры	Стоимость комплекса программных мероприятий
1. Изменение объема закупок ВВТ-1	1.1. Закупка дополнительных 4 ед. ВВТ-1	1980 у.е. (+80 у.е.)
	1.2. Закупка дополнительных 6 ед. ВВТ-1	2020 у.е. (+120 у.е.)
2. Изменение объема закупок ВВТ-5	2.1. Снижение объемов закупок ВВТ-5 на 10 ед.	1895 у.е. (-5 у.е.)
	2.2. Снижение объемов закупок ВВТ-5 на 25 ед.	1887 у.е. (-13 у.е.)
3. Изменение состава и сроков модернизации ВВТ-6	3.1. Увеличение сроков модернизации одного ВВТ-6 на 1 год	1897 у.е. (-3 у.е.)
	3.2. Увеличение сроков модернизации одного ВВТ-6 на 1 год без оснащения его новым технологическим оборудованием	1896 у.е. (-4 у.е.)
4. Изменение состава и сроков модернизации ВВТ-7	4.1. Увеличение сроков модернизации ВВТ-7 на 1 год	1865 у.е. (-35 у.е.)
	4.2. Увеличение сроков модернизации ВВТ-7 на 1 год без оснащения его новыми техническими средствами	1855 у.е. (-45 у.е.)
5. Изменение объемов закупок ВВТ-3 и ВВТ-4	5.1. Снижение объемов закупок ВВТ-4 на 1 ед., а ВВТ-3 на 2 ед.	1878 у.е. (-22 у.е.)
	5.2. Снижение объемов закупок ВВТ-3 и ВВТ-4 на 2 ед. каждого	1872 у.е. (-28 у.е.)

Таблица 3 – Группы компенсационных мер и их вклад в снижение риска

Группа мер	Типы и варианты исполнения мер в составе группы										Значения показателя риска, %		Относительная доля снижения риска, %	Абсолютная доля снижения риска, процентных пункта
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	Было	Стало		
1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,13	14,13	3,82	0,56
2	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	14,5	14,5	1,36	0,2
3	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	14,25	14,25	3,06	0,45
4	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	13,8	13,8	6,12	0,9
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	14,32	14,32	2,55	0,375
6	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	14,01	14,01	4,67	0,68
7	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	14,4	14,4	2,04	0,3
8	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	14,15	14,15	3,74	0,55
9	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	14,1	14,1	4,08	0,6
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	14,32	14,32	2,55	0,37
11	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	13,93	13,93	5,18	0,76
12	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	13,83	13,83	5,86	0,86
13	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	13,68	13,68	6,88	1,01
14	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	13,58	13,58	7,56	1,11
15	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	13,23	13,23	9,94	1,46
16	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	13,53	13,53	7,9	1,16
17	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	13,76	13,76	6,37	0,93
18	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	13,76	13,76	6,37	0,93
19	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	13,81	13,81	6,03	0,88
20	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	13,71	13,71	6,71	0,98
21	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	13,56	13,56	7,73	1,13
22	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	13,46	13,46	8,41	1,23
23	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	13,11	13,11	10,79	1,58
24	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	13,41	13,41	8,75	1,28
25	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	13,63	13,63	7,22	1,06
26	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	13,63	13,63	7,22	1,06
27	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	13,63	13,63	7,22	1,06
28	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	13,48	13,48	8,24	1,21
29	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	13,38	13,38	8,92	1,31
30	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	13,03	13,03	11,31	1,66
31	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	13,33	13,33	9,26	1,36
32	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	13,56	13,56	7,73	1,13
33	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	13,56	13,56	7,73	1,13
34	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	13,38	13,38	8,92	1,31
35	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	13,28	13,28	9,60	1,41
36	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	12,93	12,93	11,99	1,76
37	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	13,23	13,23	9,94	1,46
38	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	13,46	13,46	8,41	1,23
39	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	13,46	13,46	8,41	1,23
40	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	13,81	13,81	6,03	0,88
...
245	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	13,47	13,47	8,33	1,22
246	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	13,47	13,47	8,33	1,22
247	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	12,95	12,95	11,90	1,75
...
460	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	12,87	12,87	12,41	1,82
461	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	12,97	12,97	11,73	1,72
462	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	13,27	13,27	9,69	1,42
463	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	12,97	12,97	11,73	1,72
464	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	13,27	13,27	9,69	1,42
465	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	13,35	13,35	9,18	1,35
...
624	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	12,56	12,56	14,54	2,13
625	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	12,58	12,58	14,37	2,11
626	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	12,91	12,91	12,16	1,78
627	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	12,66	12,66	13,86	2,03
...
864	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	12,01	12,01	18,28	2,69
865	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	12,31	12,31	16,24	2,38
866	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	12,02	12,02	18,28	2,68
867	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	12,31	12,31	16,24	2,38
868	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	11,88	11,88	19,13	2,81
...
1022	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
1023	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
1024	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Примечание:
 красным цветом выделены группы, которые не удовлетворяют стоимостному ограничению;
 синим цветом выделены группы, которые содержат сочетания двух вариантов исполнения компенсационных мер в рамках одного их типа;
 зеленым цветом выделена предпочтительная группа компенсационных мер.

Из представленных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Из всех групп, включающих не более одного варианта исполнения компенсационной меры каждого типа, *наибольший вклад в снижение величины риска вносит группа под №868*, однако путем проведения подобной корректировки *суммарная стоимость реализуемого комплекса программных мероприятий превысит свое базовое значение*, что противоречит принятому критерию выбора.

2. *Предпочтительной является группа компенсационных мер под №864*, которая предусматривает:

- увеличение объемов закупок ВВТ-1;
- снижение объемов закупок ВВТ-5;
- увеличение сроков модернизации ВВТ- 6 без оснащения его новым технологическим оборудованием;
- увеличение сроков модернизации ВВТ-7;
- снижение объемов закупок ВВТ-3 и ВВТ- 4.

3. При условии подобной корректировки программных мероприятий *будет обеспечено снижение значения показателя риска на 18,28% относительно базового значения (в абсолютном выражении значение показателя риска будет снижено на ~2,69 процентных пункта, т.е. с 14,7% до ~12,01%)*.

Таким образом, в данной статье представлен метод, который базируется на теории булевого программирования и позволяет проводить обоснование наиболее предпочтительной группы компенсационных организационно-технических мер, связанных с балансировкой параметров программных мероприятий, в интересах минимизации риска при планировании развития СРВ.

Разработанный метод может применяться в составе научно-методического аппарата обоснования программы развития СРВ в условиях действия разнородных дестабилизирующих факторов. Он позволяет осуществлять выработку предложений и рекомендаций по вариантам развития СРВ не только на этапе среднесрочного планирования при научном обосновании соответствующей программы работ, но также и для оперативной корректировки хода выполнения заданных к реализации мероприятий в рамках краткосрочного или текущего планирования. В последнем случае вырабатываемые решения по балансировке параметров программных мероприятий могут быть учтены при формировании предложений в проекты государственных оборонных заказов.

Список источников

1. Полянский В.И., Ролдугин В.Д. Схема возникновения и классификация рисков при создании и функционировании системы вооружения // Стратегическая стабильность. 2012. №4(61). С. 67-71.
2. Печатнов Ю.А., Мунтяну А.В. Об одном подходе к оцениванию рисков при реализации программы развития комплексов стратегического ракетного вооружения // Вооружение и экономика. 2017. №4(41). С. 39-47.
3. Василенко В.В., Карпов В.Н., Смагин Ю.Н. Научно-технические проблемы формирования системы поддержки инновационной деятельности при создании ракетно-космических систем // Известия РАН. 2015. №1(86). С. 3-12.
4. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Граница, 2008. 728 с.
5. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Содержание понятий неопределенности и риска в области формирования и реализации планов развития ВВТ // Вооружение и экономика. 2010. №1(9). С. 53-59.
6. Подольский А.Г. К вопросу определения финансового риска при ценообразовании на продукцию военного назначения // Вооружение и экономика. 2011. №3(15). С. 91-100.
7. Анисимов В.Ю., Полянский В.И. Сравнительная оценка рисков при обосновании облика перспективных военных систем // Стратегическая стабильность. 2012. №4(61). С. 54-58.

8. Спицин А.Г., Хмелевой В.В. Анализ рисков в проектировании военной техники // Вооружение и экономика. 2011. №3(15). С. 35-44.
9. Бабенков В.И., Гасюк Д.П., Дубовский В.А. Метод оценивания риска на этапах жизненного цикла образцов вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2020. №3(53). С. 59-65.
10. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // Вооружение и экономика. 2020. №2(52). С. 95-102.
11. Подольский А.Г., Косенко А.А. Методические подходы к снижению рисков, сопутствующих реализации мероприятий по созданию продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2012. №3(19). С. 56-72.
12. Бадалова А.Г. Управление рисками производственных систем: теория, методология, механизмы реализации. М.: Станкин, 2006. 328 с.
13. Подольский А.Г., Косенко А.А. Финансово-экономические меры снижения риска возникновения неблагоприятных событий, связанных с созданием продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2012. №4(20). С. 98-110.
14. Лавринов Г.А., Козин М.Н. Управление рисками в системе государственного оборонного заказа. Саратов: Научная книга, 2010. 255 с.
15. Мунтяну А.А. Методика оценки технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения // Вооружение и экономика. 2021. №2(56). С. 32-47.
16. Мунтяну А.А., Рассохин Г.Н. К вопросу оценки реализуемости ОКР по созданию перспективной автоматизированной системы управления войсками // Известия Института инженерной физики. 2017. №4(46). С. 86-90.
17. Подольский А.Г., Терехухин А.В. Методический подход к определению стоимости научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию научно-технического задела // Вооружение и экономика. 2020. №4(54). С. 37-46.
18. Волков Е.Б., Дворкин В.З., Прокудин А.И. Технические основы эффективности ракетных систем. М.: Машиностроение, 1989. 256 с.
19. Стратегическое ракетное вооружение. Методология, опыт, проблемы. Кн.1. М.: 4 ЦНИИ Минобороны России, 2003. 640 с.
20. Сивер С.В., Ролдугин В.Д., Тацышин Н.Н. Методический подход к анализу боевой устойчивости группировки СЯС в условиях влияния факторов неопределенного характера // Стратегическая стабильность. 2018. №3(84). С. 22-25.
21. Егоров В.А. Синтез ракетных систем при планировании развития стратегического вооружения // Стратегическая стабильность. 2009. №4(49). С. 58-65.

Информация об авторе

А.А. Мунтяну – кандидат технических наук.