

НАПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ С УЧЁТОМ ВОЗМОЖНОСТИ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Г.Г. Молоканов, А.В. Пинчук

Рассматривается система показателей риска жизненного цикла (ЖЦ) космических систем и комплексов (КСК), позволяющая учесть в качестве мер нейтрализации потенциальных угроз возможности, связанные с применением методов ситуационного управления космическими системами и комплексами. Представленная система показателей рисков в случае её использования применительно к оценке конкретных образцов КСК может быть расширена различными частными показателями, отражающими риск невыполнения отдельных направлений требований по качеству, срокам и стоимости реализации этапа ЖЦ КСК. На основании рассмотренной системы показателей может быть проведён анализ чувствительности рисков этапа жизненного цикла в зависимости от полноты имеющейся информации и объёма запланированных мер ситуационного реагирования.

Ключевые слова: неопределённость, показатель риска, потенциал, ситуация.

В современных условиях реализация этапов жизненного цикла (ЖЦ) образцов космических систем и комплексов (КСК) сопряжена с рисками, обусловленными сложно прогнозируемым влиянием политических, научно-технических, экономических и производственно-технологических факторов. Для заблаговременного оценивания характера влияния данных факторов на реализацию ЖЦ КСК могут использоваться различные показатели риска R , представленные в форме вероятности наступления неблагоприятных последствий (вероятность срыва качества, сроков либо превышения стоимости этапов ЖЦ), оценки величины данных неблагоприятных последствий (возможное превышение сроков, стоимости) либо в форме функции, представляющей собой композицию указанных характеристик (например, математического ожидания возможного превышения сроков реализации этапа ЖЦ КСК). Более подробно порядок количественной оценки риска ЖЦ КСК приведён в [1, 2].

Для учёта влияния на риски ЖЦ КСК возможностей ситуационного управления жизненным циклом КСК в условиях неопределённости сценариев изменения обстановки в работе предлагается рассмотреть систему показателей рисков, основанную на анализе источников их возникновения и направлений снижения их влияния на результаты реализации ЖЦ КСК. При этом принимается допущение, что при реализации этапов ЖЦ допускается изменение облика КСК в заранее спланированном множестве вариантов $S^{КСК} = \{s_i^{КСК}, i=1...N\}$, а возможные сценарии изменения условий реализации ЖЦ КСК могут быть представлены множеством несовместных ситуаций $S^{СИТ} = \{s_j^{СИТ}, j=1...M\}$. Более детально

данные условия ситуационного управления КСК представлены в [3].

В качестве основного источника рисков различных этапов ЖЦ КСК может рассматриваться неопределённость, обусловленная неполнотой и/или неточностью информации об объектах, участвующих в реализации ЖЦ КСК, и соответственно затрудняющая планирование и принятие решений на этапах ЖЦ. Источниками данного рода неопределённости могут являться: неполнота информации об объёмах ассигнований на создание и эксплуатацию КСК; возможностях предприятий, задействованных в ЖЦ КСК; допущения, принятые при моделировании и оценке характеристик КСК в процессе создания; отсутствие средств достоверного контроля и прогнозирования состояния образца КСК и др. Данные факторы обуславливают необходимость рассмотрения характеристик КСК и ситуации реализации ЖЦ КСК как неопределённых величин стохастической либо нестохастической природы.

Учёт неопределённости данного рода может осуществляться через показатель риска априорной оценки. Данный показатель может быть определён как функция параметров оценки характеристик облика КСК и ситуации реализации ЖЦ КСК:

$$\begin{aligned} R^{ОЦ} &= R^{ОЦ}(\mu(\widehat{S^{КСК}}), v(\widehat{S^{СИТ}})) = \\ &= \{r_{ij}^{ОЦ}(\mu(s_i^{КСК}), v(s_j^{СИТ}))\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mu(\widehat{S^{КСК}})$ – параметры оценки характеристик облика КСК (например, дисперсия и математическое ожидание стоимости реализации этапа ЖЦ

КСК – $\mu_c = \{D[c], M[c]\}$, если стоимость c – случайная величина с известным законом распределения);

$\nu(\widehat{S^{\text{снт}}})$ – параметры оценки ситуации реализации ЖЦ КСК (например, дисперсия и математическое ожидание планируемого финансирования этапа ЖЦ КСК – $\nu_y = \{D[y], M[y]\}$).

Расчёт данных показателей может осуществляться с применением аналитических методов теории вероятности, нечётко-множественного подхода или на основе методов имитационного моделирования, в частности метода Монте-Карло.

Показатель $R^{\text{оц}}$ может быть использован на этапах первичного планирования мероприятий ЖЦ КСК для оценки масштаба потенциальных негативных последствий, технико-экономического анализа осуществимости проекта и стадий его выполнения (проектирование, производство, безопасность, надёжность и управление производством). В данных целях целесообразным представляется использование показателя, характеризующего диапазон изменения риска априорной оценки:

$$R^{\text{оц}}_д = (\min_i \min_j r^{\text{оц}}_{ij}, \max_i \max_j r^{\text{оц}}_{ij}). \quad (2)$$

Таким образом, показатель риска априорной оценки $R^{\text{оц}} = \{r^{\text{оц}}_{ij}\}$ характеризует возможность нарушения условий реализации этапов ЖЦ для каждого варианта облика КСК в каждой конкретной ситуации безотносительно информации о прогнозируемом изменении ситуации и возможностях ситуационного изменения облика КСК на этапе ЖЦ. Также необходимо отметить, что содержательно данный показатель соответствует подходу, изложенному в [2]. При этом ситуациям $S^{\text{снт}}$ соответствуют сценарии риска, варианты облика $S^{\text{КСК}}$ определяют значимость негативных последствий, а значения показателя $R^{\text{оц}}$ представляют собой матрицу риска.

Другой вид неопределённости связан с параметрами изменения ситуации целевого применения в ходе реализации этапов ЖЦ КСК. Источником данного рода неопределённости является множество событий, наступление которых приводит к изменению характеристик объектов, влияющих на реализацию ЖЦ. К ним можно отнести: изменение политической обстановки, принятие альтернатив-

ной программы финансирования, замену технологического оборудования на производстве, досрочное прекращение работ на различных этапах их реализации и др. В качестве возможной меры ситуационного управления, направленной на снижение возможных негативных последствий изменения ситуации, может рассматриваться заблаговременный выбор рационального варианта облика КСК на этапе ЖЦ по критерию минимизации риска. Определить вероятностные характеристики событий, определяющих возможность изменения ситуации, представляется весьма затруднительным, поэтому для учёта неопределённости данного вида целесообразным представляется использование методов теории игр.

Так как реализация ЖЦ КСК, как правило, не предполагает антагонистического конфликта, задача оценки риска может быть представлена в виде матричной игры с «природой». При этом возможные ситуации $\{S^{\text{снт}}_j, j=1..M\}$, связанные с реализацией ЖЦ КСК, рассматриваются как стратегии игрока B («природы»), варианты облика КСК $\{S^{\text{КСК}}_i, i=1..N\}$ как стратегии игрока A , а платёжная матрица игры может быть сформирована на основании значений показателя риска априорной оценки $R_{[N, M]} = (r^{\text{оц}}_{ij})$.

В качестве показателя, характеризующего риск при условии рационального выбора стратегии в данной игре, предлагается рассматривать показатель риска $R^{\text{рац}}$, сформированный в соответствии с критерием Вальда:

$$R^{\text{рац}} = \min_i \max_j r^{\text{оц}}_{ij}. \quad (3)$$

При этом необходимо отметить, что если возможные сценарии реализации ЖЦ КСК предусматривают целенаправленное противодействие со стороны некоторых внешних сил (например, введение санкций, направленных на противодействие созданию или эксплуатации КСК), для расчёта показателя риска ситуации необходимо использовать математический аппарат антагонистических игр.

В случае, когда возможным является привлечение экспертов (специалистов высокого уровня) для выработки согласованных прогнозных значений параметров, определяющих возможность наступления той или иной ситуации, для оценки риска рациональной стратегии может быть использован следующий показатель:

$$R^{\text{рац}} = \min_i \left(\sum_{j=1}^M p_j \cdot r_{ij}^{\text{оц}} \right), \quad (4)$$

где p_j – вероятность наступления j -й ситуации реализации ЖЦ КСК.

Таким образом, показатель риска $R^{\text{рац}}$ позволяет учесть возможности безусловного ситуационного управления, связанные с заблаговременным выбором рационального варианта облика КСК на этапе ЖЦ до получения достоверной информации о будущей ситуации. Соответственно значения данного показателя могут использоваться лицом, принимающим решение, в качестве аналитической информации о потенциале мер заблаговременной нейтрализации либо снижения риска.

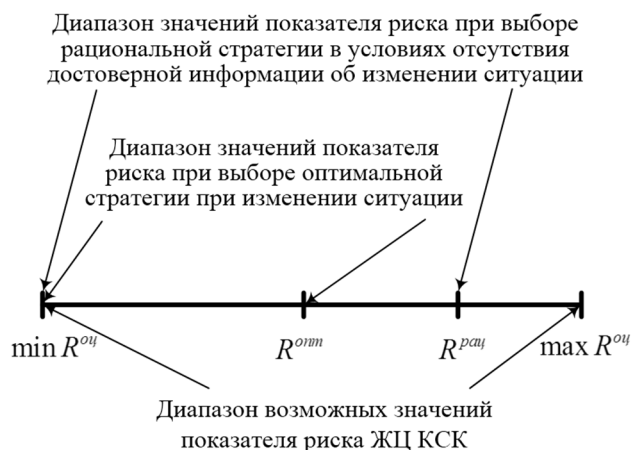
Дальнейшее направление снижения риска, требующее введения соответствующего показателя для учёта и оценки, связано с использованием возможностей ситуационного управления КСК на этапах ЖЦ для адаптации к изменению ситуации в случае, когда обеспечен достоверный прогноз о характере её изменения, позволяющий произвести корректировку облика КСК до наступления негативных последствий. Данные условия могут быть обеспечены решением задачи мониторинга и классификации условий ЖЦ КСК, например, в качестве подхода классификации возможных ситуаций реализации ЖЦ КСК может использоваться [4].

В этом случае для каждой ситуации может быть выбран вариант облика КСК, позволяющий обеспечить минимальное значение показателя риска. При комплексной оценке риска с учётом многообразия возможных ситуаций целесообразным представляется ориентироваться на наихудшие возможные условия и, соответственно, использовать в качестве показателя риска наибольшее значение $R^{\text{оц}}$ при применении оптимальной стратегии в каждой ситуации:

$$R^{\text{опт}} = \max_j \min_i r_{ij}^{\text{оц}}. \quad (5)$$

Таким образом, рассмотренные выражения (1) – (5) отражают потенциал снижения риска при осуществлении мероприятий ситуационного управления в зависимости от своевременности выявления и оценки событий случайного и непредсказуемого характера, способных вызвать негативные последствия выполнения ЖЦ КСК (см. рисунок). Также

на основании данной системы показателей может быть проведён анализ чувствительности рисков этапа ЖЦ КСК в зависимости от полноты имеющейся информации и объёма запланированных мер ситуационного реагирования.



Взаимосвязь показателей рисков ЖЦ КСК

Необходимо отметить, что представленная система показателей рисков в случае её использования применительно к оценке конкретных образцов КСК может быть расширена различными частными показателями, отражающими риск невыполнения отдельных направлений требований по качеству, срокам и стоимости реализации этапа ЖЦ КСК. В этом случае целесообразным представляется дополнить показатели риска критериями, позволяющими принимать решения относительно вариантов реализации ЖЦ КСК при использовании многомерных показателей риска.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 17666 – 2006. Менеджмент риска. Космические системы.
2. ГОСТ Р ИСО 11231 – 2013. Менеджмент риска. Вероятностная оценка риска на примере космических систем.
3. Анисимов В. Ю., Молоканов Г. Г., Пинчук А. В. Применение ситуационного анализа для оценки возможности реконфигурации системы космических аппаратов дистанционного зондирования Земли в условиях многообразия ситуаций целевого применения // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2014. – Т. 140. – № 3. – С. 41–45.
4. Патент Н03М7/14. G06F19/00. Устройство для классификации нечётких ситуаций / Анисимов В. Ю., Молоканов Г. Г., Потюпкин А. А. : ВА РВСН им. Петра Великого МО РФ (RU). – № 2534487; Заявл. 25. 12. 2013; Оpubл. 27.11.2014; Бюл. № 33.

Поступила в редакцию 03. 11. 2015

Геннадий Геннадьевич Молоканов, канд. техн. наук,
научный сотрудник, Военная академия РВСН им. Петра Великого,
т. (926) 566-98-22,
e-mail: Gennadiy.molokanov@gmail.com.
Александр Васильевич Пинчук, канд. воен. наук, доцент,
учёный секретарь АО «Корпорация «ВНИИЭМ»,
т. (495) 624-03-31,
e-mail: Pinchuk_aleks@inbox.ru.

DIRECTIONS for EVALUATION of SPACE SYSTEMS and COMPLEXES LIFE CYCLE RISK FACTORS CONSIDERING SITUATION CONTROL

Г.Г. Молоканов, А.В. Пинчук

Risk factor system of space systems and complexes (SSC) life cycle (LC), which enables to exploit opportunities of SSC situation control methods as compensating instruments for potential risks, is considered in the article. The represented risk factor system, if used for evaluation of specific SSC, could be extended by several individual factors describing risk of non-compliance with certain quality, time and price specifications for implementation of SSC LC stage. Risk sensitivity of life cycle stage depending on completeness of information and specified situational response could be analysed on the basis of discussed factor system.

Key words: uncertainty, risk factor, resource, situation.

List of References

1. GOST R ISO 17666 – 2006. Risk Management. Space Systems.
2. GOST R ISO 11231 – 2013. Risk Management. Probabilistic Risk Assessment Illustrated Through Space Systems.
3. Anisimov V. Yu., Molokanov G .G., Pinchuk A. V. Situation Analysis for Evaluation of Earth Remote Sensing Spacecraft Reconfiguration Capabilities Considering Application Variety // Matters of Electromechanics. VNIIEМ Works. – 2014. – Vol. 140. – No. 3. – Pp. 41 – 45.
4. Patent H03M7/14. G06F19/00. Device for Classification of fuzzy Situations / Yu. V. Anisimov, G. G. Molokanov, A. A. Potyupkin: Peter the Great Military Academy of SMF [Strategic Missile Forces] (RU). – No. 2534487; Application 25.12.2013. Published on 27.11.2014. Bulletin No. 33.

Gennady Gennadyevich Molokanov,
Ph. D. in Engineering Science, Research Engineer
Peter the Great Military Academy of SMF.
Tel.: (926) 566-98-22.
e-mail: Gennadiy.molokanov@gmail.com.
Alexandr Vasilyevich Pinchuk,
Ph. D. in Military Sciences, Associate Professor,
Scientific Secretary JC 'VNIIEМ Corporation'.
Tel.: (495) 624-03-31.
E-mail: Pinchuk_aleks@inbox.ru.