

МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ СОЗДАНИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А.И. Орлов

prof-orlov@mail.ru

А.Д. Цисарский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Разработана в общем виде аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков проектов. В двухуровневой схеме на нижнем уровне оценки рисков объединяются аддитивно, на верхнем — мультипликативно. Аддитивно-мультипликативная модель применена для оценки рисков проектов создания ракетно-космической техники. Выделено 44 частных риска на нижнем уровне и 8 — на верхнем уровне. Рассмотрены условные примеры

Ключевые слова

Риск, оценка, моделирование, проекты, ракетно-космическая техника, вероятность, экспертные процедуры

Поступила в редакцию 03.02.2016
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Введение. Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года предусматривает ускоренное развитие космической отрасли [1]. Для его обеспечения необходимо решение ряда задач экономики космической деятельности [2], в частности, необходима разработка организационно-экономических моделей для оценок рисков проектов в ракетно-космической промышленности. При моделировании жизненного цикла программы создания наукоемкой продукции необходимо учитывать риски, специфические при создании ракетно-космической техники (РКТ) [3]. Поэтому большое значение имеет развитие технологий адаптивного управления проектами создания, эксплуатации и утилизации РКТ [4]. Так, для повышения эффективности реализации проектов по созданию перспективных образцов РКТ целесообразно применять концепцию управления требованиями [5].

Настоящая работа посвящена новому виду организационно-экономической модели оценки рисков проектов создания РКТ. В ней рассматривается в общем виде обобщение аддитивно-мультипликативной модели оценки рисков. Работа посвящена дальнейшему развитию подхода, предложенного авторами в частных случаях [6–9]. Элементы рассматриваемого подхода уже вошли в учебные курсы МГТУ им. Н.Э. Баумана (дисциплины «Управление проектами» и «Контроллинг рисков»).

Рассмотрим основные элементы модели: иерархическую систему рисков, экспертную оценку рисков нижнего уровня, агрегирование показателей ниже лежащей группы рисков для расчета группового риска более высокого уровня, использования результатов оценивания для управления рисками, последствия срыва сроков и методы их преодоления.

Иерархическая система рисков. Рассматриваемый подход основан на построении иерархической системы рисков. В работах [6, 7] в целях моделирования особенностей оценки рисков при создании РКТ использовалась трехуровневая иерархия: риск невыполнения проекта в срок – групповые риски – частные риски. При этом групповые риски — это риски невыполнения в срок этапов проекта.

Для демонстрации предлагаемого подхода примем, что разработка РКТ состоит из следующих восьми этапов.

1. Концепция.
2. Разработка технического проекта (аван- и эскизного проекта).
3. Разработка рабочей конструкторской документации.
4. Разработка технологической документации и технологических процессов.
5. Изготовление макета и опытных изделий (опытного образца).
6. Наземная отработка (испытания).
7. Летные испытания и доработка документации для производства по результатам испытаний.
8. Запуск в производство.

На каждом этапе имеются те или иные частные риски. Так, на этапе 5 «Изготовление макета и опытных изделий (опытного образца)» выделены семь частных рисков:

R_{14} — риск ошибок при изготовлении деталей и блоков;

R_{24} — риск ошибок при сборке;

R_{34} — риск недостатка ресурсов (станочного парка, кадровых, компьютерных, временных ресурсов и пр.);

R_{44} — риски, связанные с невыполнением обязательств смежниками и субподрядчиками (кооперация);

R_{54} — организационный риск (риск срыва работ из-за плохой организации);

R_{64} — риск, вызванный действиями поставщиков сырья, комплектующих, материалов (низкое качество, нарушение сроков);

R_{74} — внешний риск (по другим причинам).

По всем восьми этапам было выделено 44 частных риска R_{ij} , где i — номер этапа, $i = 1, 2, 3, \dots, 8$, а j — номер частного риска внутри этапа, $j = 1, 2, \dots, n(i)$, здесь $n(i)$ — число частных рисков, выделенных на этапе i (при этом $n(i)$ менялось от 3 до 7). Перечень 44 частных рисков (с разделением по группам) приведен в [6, 7].

Ясно, что частные риски могут быть подвергнуты декомпозиции. Так, риск ошибок при изготовлении деталей и блоков R_{14} может быть разложен на группу рисков, соответствующих отдельным деталям и блокам. Поскольку подобное разложение может быть проведено и для других частных рисков, указанных в [6, 7], то трехуровневая иерархическая система рисков может быть развернута до четырехуровневой. Очевидно, можно рассмотреть и другие частные риски, например, при изготовлении отдельных блоков. Тогда можно выделить отдельные ошибки, которые возможны при изготовлении конкретного блока. Следовательно, появляются частные риски на пятом уровне иерархии.

В работах [6, 7] выбрана трехуровневая схема, позволяющая достаточно подробно описать многообразие рисков и в то же время достаточно быстро провести численную оценку рисков. При развитии системы «риск менеджмента» может оказаться полезной детализация рисков, переход к большему числу уровней иерархии.

Построение иерархической системы рисков проводится специалистами в предметной области на первом этапе применения теории рисков (имеется в виду анализ, оценка и управление риском). Рассматриваемый в настоящей работе подход применим не только для оценки рисков проектов создания РКТ. В [7] иерархические системы рисков построены еще в двух предметных областях — для выполнения инновационных проектов в вузах (с участием внешних партнеров) и для выпуска новых инновационных изделий. Основная идея построения иерархической системы — это переход от сложного оцениваемого глобального риска к более простым групповым и от них к частным рискам, которые могут быть оценены (например, экспертами) сравнительно легко.

Экспертная оценка частных рисков. За созданием иерархической системы рисков следующий шаг — построение и применение системы экспертной оценки рисков нижнего уровня (частных рисков).

Человеку свойственно использовать для оценки нечисловые характеристики [10], поэтому естественно давать оценки рисков конкретного проекта создания РКТ с помощью лингвистических переменных. Например, члены экспертной комиссии оценивают вероятность реализации риска R_{ij} с помощью градаций лингвистической переменной X_{ij} , выбирая ее значения из списка:

- 0 — *практически невозможное событие* (с вероятностью не более 0,01);
- 1 — *крайне маловероятное событие* (с вероятностью от 0,01 до 0,05);
- 2 — *маловероятное событие* (вероятность от 0,05 до 0,10);
- 3 — *событие с вероятностью, которой нельзя пренебречь* (от 0,10 до 0,20);
- 4 — *достаточно вероятное событие* (вероятность от 0,20 до 0,30);
- 5 — *событие с заметной вероятностью* (более 0,30).

Ответ эксперта — одна из формулировок, выделенных курсивом. Слева приведена условная кодировка, ее применяют организаторы экспертизы. Может быть использована другая кодировка, например, вместо 0, 1, 2, 3, 4, 5 принимают значения 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000. Справа приведены еще более условные границы для вероятности. Их назначение — предварительная ориентация экспертов перед началом оценивания с помощью градаций лингвистической переменной.

Очевидно, система оценивания частных рисков с помощью лингвистических переменных может меняться в соответствии с конкретной задачей оценки и управления риском. В частности, могут быть изменены: число градаций; способ оцифровки градаций; граничные значения для вероятностей (например, если нежелательные события являются редкими, но соответствующий им ущерб велик, то вероятность практически невозможного события должна быть не более 10^{-5} вместо «не более 0,01», как выше, и т. п.)

Естественно принять, что значения X_{ij} , используемые для оцифровки градаций, неотрицательны.

Для описания лингвистических переменных напрашивается применение теории нечетких множеств (в соответствии с классической книгой Л.А. Заде [11]), функции принадлежности используемых нечетких множеств оцениваем с помощью экспертов. Тогда X_{ij} — нечеткие числа. Можно использовать «треугольные» нечеткие числа, у которых функция принадлежности описывается тремя числовыми параметрами a, b, c ($a < b < c$) и имеет треугольный вид — функция принадлежности равна 0 левее a и правее c , в точке b равна 1, на интервалах (a, b) и (b, c) линейна. Арифметические операции над такими числами описываются проще, чем для функций принадлежности общего вида.

Другое возможное обобщение — моделирование лингвистических переменных с помощью интервальных чисел (см., например, [12]). Тогда X_{ij} — интервал (a, b) или $[a, b]$, $(a, b]$, $[a, b)$, т.е. описывается двумя числовыми параметрами a и b . В примере, приведенном ранее, «крайне маловероятное событие» описывается интервалом $(0,01; 0,05]$.

Для описания частных рисков используем матрицу вероятность–тяжесть последствий. Тяжесть последствий A_{ij} при реализации частного риска R_{ij} задается числом — коэффициентом весомости (важности, значимости, существенно-сти) и оценивается экспертно. Итак, у риска R_{ij} выделяем две характеристики — показатель вероятности X_{ij} и показатель тяжести последствий A_{ij} . Итоговая оценка Q_{ij} частного риска R_{ij} имеет вид $Q_{ij} = A_{ij}X_{ij}$, где A_{ij} — показатель весомости, например, оценка экономических потерь, вызванных данным видом риска, X_{ij} — показатель выраженности (распространенности). Эта формула обобщает известный способ оценки риска как произведения среднего ущерба (математического ожидания ущерба) на вероятность нежелательного события.

Агрегирование оценок рисков. Как из оценок рисков, входящих в определенную группу на нижнем уровне, получить оценку риска верхнего уровня? (Точнее, речь идет о подъеме на один уровень в иерархической системе рисков.) Рассмотрим агрегирование оценок рисков, т. е. построение обобщенного показателя, «рейтинга» риска более высокого уровня, усредняющего оценки рисков более низкого уровня.

В [6, 7] частные риски (риски нижнего уровня) агрегировались аддитивно, в то время как групповые риски — мультипликативно. Отсюда и название модели — аддитивно-мультипликативная.

Для i -й группы рисков оценка Q_i группового риска R_i рассчитывается как сумма оценок Q_{ij} частных рисков:

$$Q_i = Q_{i1} + Q_{i2} + \dots + Q_{in(i)} = A_{i1}X_{i1} + A_{i2}X_{i2} + \dots + A_{in(i)}X_{in(i)},$$

т. е. агрегирование проводится аддитивно. Значения факторов $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in(i)}$ оценивают эксперты для каждого конкретного проекта создания РКТ, в то вре-

мя как значения коэффициентов весомости $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik(i)}$ задаются одними и теми же для всех проектов — по результатам специально организованного экспертного опроса.

С оценкой Q_i группового риска R_i связана вероятность P_i успешного выполнения i -го этапа, а именно $P_i = 1 - Q_i$, или $P_i = 1 - A_{i1} X_{i1} - A_{i2} X_{i2} - \dots - A_{in(i)} X_{in(i)}$.

Вероятность P_i должна быть неотрицательна при всех возможных значениях $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik(i)}$. Если все оценки факторов риска (частных рисков) принимают свои максимальные значения, то и оценка Q_i группового риска R_i должна принять свое максимальное значение, равное единице, а вероятность P_i , соответственно, минимальное значение, равное нулю. Следовательно, коэффициенты весомости (важности) должны удовлетворять условию

$$A_{i1} \max X_{i1} + A_{i2} \max X_{i2} + \dots + A_{in(i)} \max X_{in(i)} = 1.$$

В рассмотренном варианте оцифровки максимальные значения X_{ij} равны 5. Следовательно, сумма $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in(i)}$ должна равняться $1/5 = 0,2$.

В рассматриваемой модели принято, что события, относящиеся к различным группам рисков, независимы между собой в смысле теории вероятностей. Поскольку успешное выполнение проекта возможно тогда и только тогда, когда все этапы выполнены, то вероятность P выполнения проекта в срок равна произведению всех вероятностей P_i успешного выполнения этапов, т. е. агрегирование проводится мультипликативно:

$$P = P_1 P_2 \dots P_m = (1 - Q_1) (1 - Q_2) \dots (1 - Q_m),$$

где m — число этапов (в [6, 7] схема разработки РКТ состоит из восьми этапов, $m = 8$; в [7] рассмотрены модели выполнения инновационных проектов в вузах (с участием внешних партнеров) и модели выпуска новых инновационных изделий и выделены четыре группы рисков, а потому $m = 4$).

Оценка Q риска невыполнения проекта в срок — это дополнение до единицы вероятности успешного выполнения проекта P , т. е. $Q = 1 - P$. Именно это значение является основным при принятии управленческих решений.

Некоторые обоснования именно такого способа усреднения оценок частных рисков, как описано ранее, приведены в [6, 7].

В теории принятия решений разработаны различные методы агрегирования, другими словами, построения обобщенных (интегральных) показателей, рейтингов [12, 13]. В организационно-экономической модели оценки рисков проектов перспективными представляются методы агрегирования оценок частных и групповых рисков с помощью степенных средних, средних по Колмогорову, взвешенных медиан I и II типов, а также методы агрегирования с отсечением недопустимо больших значений оценок частных и групповых рисков (т. е. обнаружение подобного недопустимо большого значения приводит к заключению о невыполнении проекта в срок) и др. Перечисленные методы агрегирования могут быть использо-

ваны при дальнейшем развитии организационно-экономической модели оценки рисков проектов.

Использование результатов оценивания при управлении рисками. Оценка Q риска невыполнения проекта в срок дает лицу, принимающему решение (ЛПР), основания для принятия тех или иных управленческих решений. Если оценка указанного риска мала (например, 1 %), то ЛПР может ограничиться контролем за выполнением этапов проекта. Если оценка Q риска составляет 80...90 %, то сроки выполнения проекта следует признать нереальными, а потому необходимы кардинальные управленческие решения.

Управление рисками может быть основано не только на оценке Q риска невыполнения проекта в целом, но и на анализе влияний оценок частных и групповых рисков на итоговый риск Q . Целесообразно принять меры по снижению наиболее заметных влияний, т. е. по снижению конкретных групповых, а затем и частных рисков. Так, в приведенном примере этапа 5 «Изготовление макета и опытных изделий (опытного образца)» могут быть приняты меры по снижению частных рисков, например, усилен контроль при изготовлении деталей и блоков (в целях уменьшения риска R_{14}); проведено дополнительное обучение сборщиков (это позволит уменьшить риск R_{24}); проанализирована потребность в ресурсах (производственных, материальных, кадровых, временных и др.) и при необходимости увеличены выделяемые ресурсы — в целях уменьшения риска R_{34} недостатка ресурсов; отработаны взаимоотношения со смежниками и субподрядчиками, поставщиками сырья, комплектующих, материалов (это позволит уменьшить риски R_{44} и R_{64}) и т. д.

Может быть поставлена и решена оптимизационная задача по распределению имеющихся ресурсов в целях максимально возможного снижения итогового риска путем воздействия на доступные управлению частные риски, как это было сделано при разработке автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий [14].

В работах [6, 7] рассмотрена последовательность этапов выполнения проекта по созданию РКТ. Срыв сроков выполнения определенного этапа приводит к необходимости изменения сроков дальнейших этапов. Принято предположение, что при срыве этапа он повторяется и при этом *обязательно* выполняется (можно рассмотреть более сложную теорию, когда повторное выполнение этапа приводит к успеху с некоторой вероятностью).

Заключение. Отличительная особенность рассмотренного в настоящей статье подхода состоит в том, что он основан на построении трехуровневой иерархической системы рисков. Выбранная трехуровневая схема позволяет достаточно подробно описать многообразие рисков и в то же время достаточно быстро провести их численную оценку. При необходимости трехуровневая иерархическая система рисков может быть развернута до четырехуровневой и даже пятиуровневой схемы. Декомпозиция риска верхнего уровня дает систему рисков, образующих группу рисков более низкого уровня иерархии.

Анализ оценки 44 рисков, приведенных в работах [6, 7], показывает, что отдельные риски второго порядка вносят в риски по этапам заметно больший вклад, чем другие риски на тех же этапах. Полученные результаты демонстрируют возможность оценки и управления такими рисками.

Учитывая значимость инноваций в области создания РКТ, подход и разработанная математическая модель могут быть полезны проектным менеджерам, осуществляющим деятельность в ракетно-космической промышленности.

Авторы выражают благодарность Д.Б. Пайсону за полезные замечания

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вызовы инновационного развития // Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года «Инновационная Россия–2020». М.: Минэкономразвития, 2010. С. 5–7.*
2. *Райкунов М., ред. Экономика развития космической деятельности. М.: Физматлит, 2013. 367 с.*
3. *Хрусталева Е.Ю., Хрусталева О.Е. Моделирование жизненного цикла программы создания наукоемкой продукции // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 16 (271). С. 2–12.*
4. *Грачев И.Д., Фионов А.С. Развитие технологий адаптивного управления проектами создания, эксплуатации и утилизации ракетно-космической техники // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 42 (183). С. 2–14.*
5. *Цисарский А.Д. Повышение эффективности реализации проектов по созданию перспективных образцов ракетно-космической техники на основе концепции Requirements Engineering // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 31 (220). С. 25–29.*
6. *Орлов А.И., Цисарский А.Д. Особенности оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 43 (232). С. 37–46.*
7. *Орлов А.И. Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Научный журнал КубГАУ. Электрон. журн. 2014. № 102. С. 78–111. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/04.pdf>*
8. *Орлов А.И., Цисарский А.Д. Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков и ее применение при разработке инновационно-инвестиционных проектов создания ракетно-космической техники // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XXI Международной конференции. М.: РГГУ, 2013. С. 394–398.*
9. *Орлов А.И., Цисарский А.Д. Особенности оценки рисков при реализации инновационно-инвестиционных проектов в космической отрасли // Актуальные проблемы российской космонавтики. Материалы XXXVIII Академических чтений по космонавтике. М.: Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, 2014. С. 210–210.*
10. *Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Часть 2. Экспертные оценки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 486 с.*
11. *Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.*
12. *Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.*
13. *Лындина М.И., Орлов А.И. Математическая теория рейтингов // Научный журнал КубГАУ. Электрон. журн. 2015. № 114. С. 1–26. URL: <http://sj.kubsau.ru/2015/10/pdf/01.pdf>*

14. Хрусталеv С.А., Орлов А.И., Шаров В.Д. Математические методы оценки эффективности управленческих решений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. Т. 79. № 11. С. 67–72. URL: <http://zldm.ru/content/article.php?ID=1682>

Орлов Александр Иванович — д-р техн. наук, д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры «Экономика и организация производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5).

Цисарский Александр Дмитриевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Автономные информационные и управляющие системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Орлов А.И., Цисарский А.Д. Метод оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2017. № 2. С. 99–107. DOI: 10.18698/0236-3941-2017-2-99-107

RISK ASSESSMENT METHOD IN CREATING SPACE-ROCKET TECHNOLOGY

A.I. Orlov

prof-orlov@mail.ru

A.D. Tsisarskiy

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article focuses on the additive-multiplicative model of project risk assessment. The model was developed by the authors. In the two-level scheme on the lower level the risk assessments are combined additively, whereas on the upper level they are combined multiplicatively. The additive-multiplicative model is used for the risk assessment of space-rocket technology projects. We specified 44 risks on the lower level and 8 risks on the upper level. The study gives some illustrative examples

Keywords

Risk, assessment, modeling, projects, space-rocket technology, probability, expert procedures

REFERENCES

- [1] Vyzovy innovatsionnogo razvitiya. Strategiya innovatsionnogo razvitiya RF na period do 2020 goda “Innovatsionnaya Rossiya–2020” [Innovative development challenges. In: RF Innovative development strategy in period till 2020 “Innovative Russia 2020”]. Moscow, Minekonomrazvitiya Publ., 2010, pp. 5–7.
- [2] Raykunov M., ed. Ekonomika razvitiya kosmicheskoy deyatelnosti [Development of space activity economics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2013. 367 p.
- [3] Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E. Modeling of life cycle of the program of creation of the knowledge-intensive production. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 2012, no. 16 (271), pp. 2–12 (in Russ.).
- [4] Grachev I.D., Fionov A.S. Development of technology of adaptive management of project of creation, operation and utilization of space rocket technology. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2012, no. 42 (183), pp. 2–14 (in Russ.).

- [5] Tsisarskiy A.D. Increase of efficiency of implementation of projects on creation of perspective samples of missile and space equipment on basis of requirements engineering concept. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2013, no. 31 (220), pp. 25–29 (in Russ.).
- [6] Orlov A.I., Tsisarskiy A.D. Features of risk assessment to create rocket and space technology. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2013, no. 43 (232), pp. 37–46 (in Russ.).
- [7] Orlov A.I. Additive-multiplicative model for risk estimation in the production of rocket and space technics. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2014, no. 102, pp. 78–111. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/04.pdf>
- [8] Orlov A.I., Tsisarskiy A.D. Additive-multiplicative model of risk evaluation and its application in process of developing innovative-investment projects of space-rocket technique creation. *Problemy upravleniya bezopasnost'yu slozhnykh sistem: Trudy XXI Mezhdunarodnoy konferentsii* [Problems of complicated system security management: Proc. XXI Int. Conf.]. Moscow, RSUH Publ., 2013, pp. 394–398.
- [9] Orlov A.I., Tsisarskiy A.D. Special aspects risk evaluation in process of realization innovative-investment projects in space sector. *Aktual'nye problemy rossiyskoy kosmonavтики. Materialy XXXVIII Akademicheskikh chteniy po kosmonavtike* [Topical issues of Russian cosmonautics. Proc. XXXVIII Academic readings on cosmonautics]. Moscow, RAS committee on scientific heritage development of space pioneers, 2014, pp. 210–210 (in Russ.).
- [10] Orlov A.I. Organizatsionno-ekonomicheskoe modelirovanie. Ch. 2. Ekspertnye otsenki [Business modelling. P. 2. Expert estimate]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2011. 486 p.
- [11] Zade L.A. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh resheniy [Concept of linguistic variable and its application in making approximate decisions]. Moscow, Mir Publ., 1976. 165 p.
- [12] Orlov A.I. Teoriya prinyatiya resheniy [Decision making theory]. Moscow, Ekzamen Publ., 2006. 576 p.
- [13] Lyndina M.I., Orlov A.I. Mathematical theory of ratings. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2015, no. 114, pp. 1–26 (in Russ.). Available at: <http://sj.kubsau.ru/2015/10/pdf/01.pdf>
- [14] Khrustalev S.A., Orlov A.I., Sharov V.D. Matematicheskie metody otsenki effektivnosti upravlencheskikh resheniy. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial Laboratory. Materials Diagnostics], 2013, vol. 79, no. 11, pp. 67–72 (in Russ.).

Orlov A.I. — Dr. Sc. (Eng.), Dr. Sc. (Econom.), Cand. Sc. (Phys.-Math.), Professor of Economics and Organization of Production Department, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, Moscow, 105005 Russian Federation).

Tsisarskiy A.D. — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor of Autonomous Information and Control Systems Department, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, Moscow, 105005 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Orlov A.I., Tsisarskiy A.D. Risk Assessment Method in Creating Space-Rocket Technology. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Mashinost.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Mech. Eng.], 2017, no. 2, pp. 99–107. DOI: 10.18698/0236-3941-2017-2-99-107