

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОЦЕНКИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА И ФИНАНСОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОКР ПО РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Николай Васильевич ФИРОВ ^{a,*},

Сергей Александрович СОРОКИН ^b

^a доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
4-й Центральный научно-исследовательский институт
Министерства обороны Российской Федерации,
Королев, Московская область, Российская Федерация
nfirov@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 5217-3458

^b заместитель начальника отдела,
4-й Центральный научно-исследовательский институт
Министерства обороны Российской Федерации,
Королев, Московская область, Российская Федерация
four-cniimorf@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 486/2021
Получена 30.08.2021
Получена в
доработанном виде
11.09.2021
Одобрена 20.09.2021
Доступна онлайн
29.10.2021

УДК 330.42

JEL: C15, C53, L11, O3

Ключевые слова:

опытно-конструкторские работы, научно-технический риск, степень новизны, доверительная вероятность

Аннотация

Предмет. Научно-технический риск и финансовые потери заказчика в процессе проведения опытно-конструкторских работ по разработке сложных технических систем.

Цели. Построение и анализ зависимости научно-технического риска и финансовых потерь заказчика от планируемого объема опытно-конструкторских работ и вложенных в них финансовых средств.

Методология. Применены методы теории вероятностей и математической статистики, системного и регрессионного анализа, оценки и управления рисками. Информационной базой для разработки экономико-математических моделей послужили данные по выполненным опытно-конструкторским работам по разработке сложных технических систем.

Результаты. Разработаны методические положения оценки научно-технического риска, возникающего в процессе проведения опытно-конструкторских работ по разработке сложных технических систем. Предложен алгоритм расчета ожидаемых от его реализации финансовых потерь. Сформулирована и формализована постановка задачи минимизации финансовых потерь, обусловленных проявлением научно-технического риска. Реализуемость предложенных положений и рекомендаций подтверждена практическим примером.

Выводы. В основе оценки риска лежит учет влияния на требуемый объем работ на этапах опытно-конструкторских работ степени отличия основных характеристик разрабатываемого изделия от своего прототипа. Это позволяет построить регрессионные зависимости объема работ на этапе от указанного фактора, которые в дальнейшем используются для оценки научно-технического риска и обусловленных им финансовых потерь. На основе разработанных методических положений ставится

важная научно-практическая оптимизационная задача, состоящая в распределении объема выделенных на разработку изделий ресурсов по этапам опытно-конструкторских работ в обеспечение минимизации ущерба заказчика.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Фиров Н.В., Сорокин С.А. Методические положения оценки научно-технического риска и финансовых потерь при проведении ОКР по разработке сложных технических систем // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2021. – Т. 20, № 10. – С. 1933 – 1950.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.10.1933>

Введение

Процесс планирования развития сложных технических систем, к числу которых относятся, например, образцы вооружения и военной техники (ВВТ), изделия ракетно-космической техники (РКТ), и их разработка неразрывно связаны с понятиями неопределенности и риска. Проблема разрешения неопределенности и оценки рисков является одной из центральных при планировании и проведении опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию сложных технических систем (далее – изделий).

Рискам и их отдельным аспектам посвящено множество работ. В частности, общетеоретические вопросы рисков программ стратегического развития предприятий и реализации отдельных проектов рассмотрены в работах [1–9]. Развитию понятийного аппарата и методическому обеспечению анализа и оценки риска посвящены работы [10–16].

В то же время вопросам методологии количественной оценки рисков, по нашему мнению, уделено недостаточно внимания. И если общетеоретические вопросы рисков можно считать проработанными, то их адаптация в отношении отдельных видов процессов, требующих учета их специфики, до сих пор остается проблематичной, что характерно, в частности, для процесса разработки рассматриваемых изделий. В то же время в обеспечение управления риском на основе обоснования и реализации мероприятий по снижению и минимизации его негативных последствий необходимо в первую очередь иметь соответствующий методический аппарат по его оценке.

Нами предложен один из подходов к оценке рисков на этапах ОКР, разработаны рекомендации по снижению ожидаемых потерь от риска, как на отдельных этапах работ, так и ОКР в целом.

Не вдаваясь в подробности содержания значительного количества определений понятия «риск», отражающих существующее многообразие аспектов его анализа, в

данном случае под риском будем понимать возможность срыва ОКР из-за факторов случайного характера.

Следует различать, как это делается в ряде работ (см., например, исследования А.Г. Подольского и Г.А. Лавринова [10, 11]), две группы неопределенностей.

К первой группе следует отнести неопределенность, обусловленную внешними факторами по отношению к процессу разработки изделий: санкции, изменчивость политической и экономической ситуации в стране и за рубежом, изменение стратегических целей, переоценка направлений развития и т.п. Количественная оценка возникающих в этом случае рисков проблематична, а для анализа такого типа неопределенности используется, как правило, экспертный метод.

Вторая группа неопределенностей связана с самим процессом разработки изделий и может быть отражена через вероятность возникновения тех или иных событий. Она относится к категории статистической неопределенности и вместе с риском, как ее элементом, является предметом нашего анализа.

Среди множества видов риска к наиболее значимым в процессе разработки сложных технических изделий следует отнести научно-технический риск, обусловленный возможностью невыполнения организациями-разработчиками тактико-технических (технических) заданий на ОКР и прекращения работ по научно-техническим причинам [10, 11].

Научно-технический риск в той или иной степени существует на любом этапе ОКР, но наиболее вероятное его проявление необходимо ожидать на этапе изготовления опытного образца изделия и проведения предварительных испытаний (далее – этап испытаний (отработки)). Здесь же в наибольшей степени отражаются его последствия (финансовые, временные и другие потери). До стадии изготовления опытных изделий и их испытаний работы носят в большей степени научно-теоретический и расчетный характер, и в случае необходимости их продления в целях получения требуемых результатов и приемлемых решений дополнительные для этого ресурсы относительно невелики. При этом неопределенность и риск, как проявление неопределенности, остаются на чувствительном уровне.

Принципиально иным, ключевым в отношении научно-технических рисков является этап экспериментальной отработки изделий. В статье под экспериментальной отработкой понимается совокупность работ по подготовке и проведению испытаний на моделях, макетах, опытных образцах в целях проверки соответствия характеристик изделия требованиям тактико-технического задания (ТТЗ). Именно здесь раскрываются проблемы, обусловленные неопределенностью предыдущих этапов, выявляются просчеты, формируется перечень мероприятий по устранению ранее принятых ошибочных решений, проводится комплекс работ по обеспечению достижения заданных требований и подтверждению требуемых характеристик.

Фактически на этом этапе окончательно решается вопрос подтверждения приемлемости принятых решений по выбору схемных и конструктивных решений, принципов и режимов функционирования, выбору и определению оптимальных характеристик, либо их ошибочности и прекращения работ в данном направлении. При этом и потери в случае проявления научно-технического риска будут существенными. Это обусловлено тем, что в стоимости ОКР по созданию сложных технических систем значительную долю (до 60% и более) составляют затраты на испытания изделий. К объемным финансовым потерям этого этапа следует также добавить вложения средств на предыдущих этапах, а также учесть временные потери.

Следует отметить, что отдельные перспективные решения данной опытно-конструкторской работы в случае ее прекращения могут быть использованы в последующих разработках, что в случае необходимости требует корректировки потерь от проявления научно-технических рисков. Но это самостоятельный вопрос, требующий отдельной проработки.

Методические положения оценки научно-технического риска

В данном случае рассматривается только научно-технический риск. Другие виды рисков, в частности, финансово-экономический, обусловленный недостаточным финансированием работ, производственно-технологический, вызванный проблемами технологического характера, не учитываются.

В качестве характеристики научно-технического риска примем вероятность прекращения работ вследствие невыполнения организациями-разработчиками тактико-технических (технических) заданий на ОКР и прекращения работ по научно-техническим причинам [10, 11].

Пусть $P_{\text{исп}}$ – вероятность успешного выполнения этапа испытаний изделия – вероятность того, что в процессе отработки характеристики изделия будут доведены до требуемых значений и по окончании этапа составлен и утвержден акт материально-технической приемки.

Тогда вероятность прекращения работ вследствие невыполнения организациями-разработчиками тактико-технических (технических) заданий на ОКР и прекращения работ по научно-техническим причинам $R_{\text{исп}}$, как событие, противоположное успешному завершению этапа, определится по формуле:

$$R_{\text{исп}} = 1 - P_{\text{исп}}. \quad (1)$$

Вероятность успешного завершения ОКР (этапов ОКР) зависит от множества факторов: от выделенных ассигнований, намеченных сроков проведения работ, от научно-технического (научно-производственного) потенциала организаций-

исполнителей, от научно-информационного обеспечения работ и ряда других факторов, включая внешние.

Среди указанных факторов особое место, как отмечалось еще в 1960-е гг. учеными С.А. Саркисяном, В.М. Ахундовым, Э.С. Минаевым [17], занимает объем выделенных ассигнований. Однако, несмотря на очевидное влияние этого фактора на вероятность выполнения этапов ОКР (ОКР в целом), а также исключительную важность таких исследований, проблема оценки вероятности успешного выполнения работ как величины, зависимой от объема выделенных финансовых ресурсов, долгое время оставалась открытой.

Определенный шаг в решении проблемы количественной оценки вероятности успешного выполнения ОКР и ее этапов сделан в работе [18], где раскрыты методические положения обоснования объема испытаний, необходимого для отработки изделия с заданной доверительной вероятностью. Результаты этих исследований в дальнейшем были использованы в работе [19], где решена так называемая обратная задача, которая сводилась к определению вероятности отработки изделий при заданном объеме ассигнований. Следует отметить, что обратная задача как необходимый элемент управления риском может иметь и самостоятельное значение и возникает при разработке и согласовании тактико-технических (технических) заданий, при проведении экспертизы технических и эскизных проектов и в ряде других случаев.

В работах [18, 19] была показана принципиальная возможность оценки вероятности успешного выполнения работ на основе использования регрессионных зависимостей объемов работ, выполненных на этапах ОКР, от степени отличия характеристик разрабатываемых изделий от своих прототипов (степенью новизны изделия). Для этапов разработки эскизного проекта, разработки технического проекта, разработки рабочей конструкторской документации объемы работ можно выразить через их трудоемкость, для этапа разработки опытного образца и проведение испытаний – через количество испытаний. Правомочность построения и использования таких регрессионных зависимостей подтверждена практикой их разработки. Как показал опыт, указанные зависимости характеризуются высокими коэффициентами корреляции между степенью отличия характеристик разрабатываемых изделий от своих прототипов и объемами проведенных опытно-конструкторских работ. Например, для ряда изделий коэффициент корреляции между количеством испытаний и степенью новизны разрабатываемых изделий составлял 0,932; 0,994; 0,983. Адекватность таких моделей реальному процессу подтверждается также критериями согласия, указывающими, что расхождения между теоретическими кривыми и статистическим распределением не являются существенными. В отличие от этого попытки построения практически приемлемых регрессионных зависимостей между объемами работ и характеристиками разрабатываемых изделий оказались безрезультатными.

Оценку риска в отношении этапов ОКР предлагается проводить в последовательности, представленной на *рис. 1*.

1. Разработка методического обеспечения оценки риска.

1.1. Сбор, анализ и систематизация исходных данных для построения регрессионной зависимости объема работ на этапе (далее – объем работ) от степени отличия характеристик изделий по сравнению с прототипом.

На данном этапе формируются пары, включающие прототип и изделие, разработанное на его основе. Систематизируются их основные характеристики и устанавливаются объемы работ, выполненные на этапе ОКР. Для упрощения изложения материала условимся, что изделие характеризуется одним основным параметром, либо некоторой сверткой параметров. В результате формируется некоторое множество исходных данных, включающее:

$$\{X_1, X_1^*; X_2, X_2^*; \dots X_i, X_i^*; X_n, X_n^*\} \text{ и } \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n\},$$

где X_i, X_i^* – основная характеристика i -го изделия и его прототипа соответственно;

V_i – объем работ, выполненный на этапе ОКР.

1.2. Выбор из совокупности характеристик изделий одной (либо свертки характеристик) в качестве фактора для построения регрессионной зависимости объема работ на этапе ОКР от степени новизны разрабатываемого изделия.

1.3. Определение для сформированной выборки объемом n степени новизны изделий как относительного отклонения характеристики изделия от характеристики прототипа $\bar{\Delta}X_i$, рассчитываемое по формуле:

$$\bar{\Delta}X_i = \frac{|X_i - X_i^*|}{X^*}, \quad i = (\overline{1, n}). \quad (2)$$

1.4. Построение с использованием существующего программного обеспечения регрессионной зависимости объема работ на этапе ОКР от степени новизны разрабатываемого изделия вида:

$$\dot{V} = f(\bar{\Delta}X). \quad (3)$$

1.5. Выбор критерия согласия и оценка на его основе адекватности построенной модели, обоснование ее использования на практике. Если модель удовлетворяет критерию согласия, перейти к следующему этапу. В противном случае повторить изложенные ранее действия в отношении другой характеристики (свертке характеристик).

1.6. Расчет среднего квадратического отклонения объема работ по индивидуальному наблюдению от линии регрессии по формуле:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \dot{V}_{ip})^2}{n}}, \quad (4)$$

где $V_i, \dot{V}_{ip}$ – фактический объем работ по индивидуальному наблюдению (для этапа отработки – количество испытаний) и объем работ, рассчитанный на основе уравнения регрессии вида (3), соответственно.

1.7. Определение среднего значения показателя степени новизны изделий в выборке:

$$\bar{\Delta X}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{\Delta X}_i}{n}. \quad (5)$$

1.8. Расчет суммы квадратов фактических индивидуальных отклонений степени новизны от ее среднего значения в выборке по формуле:

$$K = \sum (\bar{\Delta X}_i - \bar{\Delta X}_{cp})^2. \quad (6)$$

2. Оценка риска.

Исходные данные: основные характеристики разрабатываемого изделия, заданные в ТТЗ (ТЗ) на проведение ОКР, и его прототипа; $X_{раз}$, $X_{раз}^*$ – характеристика (свертка характеристик) разрабатываемого изделия и его прототипа соответственно.

2.1. Расчет относительного отклонения характеристики разрабатываемого изделия от характеристики прототипа:

$$\bar{\Delta X}_{раз} = \frac{|X_{раз} - X_{раз}^*|}{X_{раз}^*}. \quad (7)$$

2.2. Прогнозирование на основе регрессионной зависимости вида (3) объема работ этапа ОКР при расчетном значении относительного отклонения характеристики изделия от прототипа.

2.3. Задание в окрестности точечного прогноза $\dot{V}_{раз}$ некоторой совокупности объемов работ $\{V_{зад1}, V_{зад2}, \dots, V_{задl}, \dots, V_{задm}\}$ для определения вероятности успешного завершения этапа при проведении работ в заданном объеме и ожидаемых потерь в случае проявления научно-технического риска. Проведение расчетов для разных

объемов работ способствует получению наиболее информативной картины и выявлению важных для принятия решений тенденций.

2.4. Расчет вероятности успешного завершения этапа ОКР для каждого объема работ из сформированной совокупности.

2.4.1. Расчет для заданного объема работ коэффициента Стьюдента, при котором верхняя граница интервального прогноза объема работ будет совпадать с заданным объемом по формуле:

$$t_{\beta} = \frac{V_{\text{зад}} - \dot{V}_{\text{раз}}}{\sigma_V \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{\Delta}X_{\text{раз}} - \bar{\Delta}X_{\text{ср}})^2}{n}}}. \quad (8)$$

2.4.2. Определение доверительной вероятности β , с которой количество испытаний будет находиться в диапазоне от $V_{\text{зад}}$ до $(2\dot{V} - V_{\text{зад}})$, а верхняя граница диапазона совпадать с заданным объемом работ. Доверительная вероятность β при известных t_{β} и n определяется по специально разработанным таблицам (например, по таблице 5 приложения работы [20]).

2.4.3. Расчет вероятности успешного завершения этапа ОКР для заданного объема работ, как вероятности того, что объем работ при отработке изделия не превысит заданной величины:

$$P_{\text{исп}} = 0,5 + \frac{\beta}{2}, \text{ при } V_{\text{зад}} > \dot{V}; P_{\text{исп}} = 0,5 - \frac{\beta}{2}, \text{ при } V_{\text{зад}} < \dot{V}. \quad (9)$$

2.5. Оценка риска (вероятности прекращения работ по научно-техническим причинам):

$$R_{\text{исп}} = 1 - P_{\text{исп}}. \quad (10)$$

2.6. Расчеты по п. 2.4–2.5 повторить для всей совокупности объемов работ $\{V_{\text{зад}1}, V_{\text{зад}2}, \dots, V_{\text{зад}l}, \dots, V_{\text{зад}m}\}$, сформированной в п. 2.3.

2.7. Анализ полученных результатов и определение объемов ресурсов для обеспечения проведения работ с приемлемым риском.

Методические положения оценки финансовых потерь

На рис. 2, 3 на примере отработки двигательных ускорителей ракет-носителей при проведении стендовых огневых испытаний дана иллюстрация величины риска и финансовых потерь от его реализации. При этом финансовые потери рассчитывались упрощенно без учета объемов средств, вложенных на предшествующих этапах ОКР по формуле:

$$M_{U_j} = C_j R_j, \quad (11)$$

где M_{U_j} – математическое ожидание финансовых потерь на j -м этапе ОКР вследствие прекращения работ по научно-техническим причинам;

C_j – средства, выделяемые на проведение работ j -го этапа ОКР;

R_j – научно-технический риск на j -м этапе ОКР.

Количество испытаний и трудоемкость работ однозначно могут быть отражены через требуемые объемы финансовых средств. Таким образом, вероятность успешного выполнения этапа ОКР и научно-технический риск можно представить в виде функций от объема выделенных финансовых средств: $P_j = f_j^P(C_j)$, $R_j = f_j^R(C_j)$.

Как следует из приведенных графиков, научно-технический риск является убывающей функцией от объема работ, а, следовательно, и выделенных ассигнований. Влияние выделенных ассигнований на ожидаемые потери от проявления научно-технического риска имеет более сложный характер. Вначале наблюдается рост потерь по мере увеличения объема работ на этапе. Это обусловлено тем, что рост требуемых ассигнований по мере увеличения объема проводимых работ является явно недостаточным для сколько-нибудь значимого роста вероятности успешного завершения этапа ОКР. Поэтому дополнительные вливания финансовых средств приводят лишь к их потере. При более значимых объемах ассигнований на проведение работ (на *рис. 2* для области, где $C \geq C_{гр}$) с увеличением объема работ наблюдается существенный рост вероятности успешного завершения работ, что приводит к снижению финансовых потерь.

Была поставлена важная научно-практическая оценочная задача, состоящая в определении научно-технического риска при проведении работ этапа ОКР и разработан алгоритм ее решения. Она может рассматриваться как элемент более общей оптимизационной задачи, состоящей в распределении объема выделенных на разработку изделия ресурсов по этапам ОКР.

Средние финансовые потери на k -м этапе ОКР с учетом результатов работ на предыдущих этапах определяются по формуле:

$$M_{U_k} = \left\{ C_k + \sum_{j=1}^{k-1} C_j \prod_{r=j}^{k-1} P_r(C_r) \right\} \{1 - P_k(C_k)\}, \quad (12)$$

где k, j, r – индексы этапов ОКР.

Суммарные финансовые потери на всех этапах ОКР от начального до заключительного этапа z рассчитываются по формуле:

$$M_{U_{\Sigma}} = \sum_{k=1}^z C_j M_{U_k}. \quad (13)$$

С учетом изложенного задача по минимизации ущерба от проявления научно-технического риска на стадии ОКР сводится к следующему.

На множестве всех возможных вариантов распределения суммарных ассигнований на проведение ОКР по этапам работ $\{C_j\}$, $j = \overline{1, z}$ необходимо найти вариант $\{C_j\}^*$, обеспечивающий минимум суммарных финансовых потерь:

$$M_{U_{\Sigma}} \rightarrow \min_{\{C_j\}} \quad (14)$$

$$\text{при } \sum_{j=1}^z C_j \leq C_{\Sigma}^{\text{зад}},$$

где $C_{\Sigma}^{\text{зад}}$ – объем ассигнований на проведение ОКР.

Для решения поставленной задачи (14) требуется разработка специальных методик формирования и обоснования рационального варианта распределения ассигнований по этапам ОКР.

Заключение

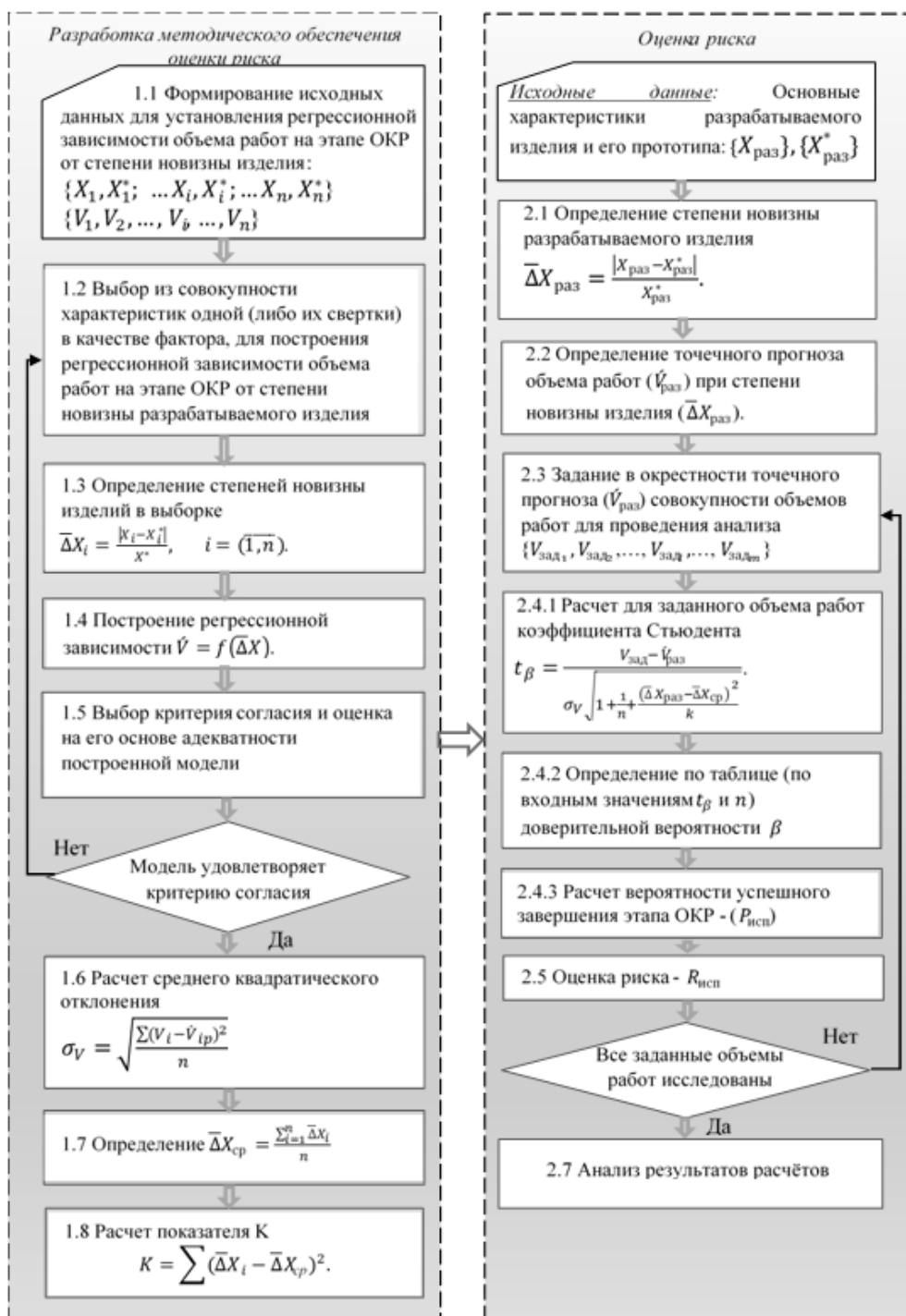
Таким образом, нами разработаны методические положения оценки научно-технического риска на этапе проведения ОКР. В основе оценки риска лежит учет явно выраженного влияния на требуемый объем работ на этапах ОКР степени отличия основных характеристик разрабатываемого изделия от своего прототипа. Это позволяет построить регрессионные зависимости объема работ на этапе ОКР от указанного фактора, которые в дальнейшем используются для оценки научно-технического риска и обусловленных им финансовых потерь. Сформулирована задача рационального распределения ассигнований в рамках выделенного объема по этапам ОКР, обеспечивающего минимизацию финансовых потерь. Реализуемость основных положений подтверждена практическими примерами.

Рисунок 1

Блок-схема разработки методического обеспечения оценки риска и порядок расчета вероятности его проявления

Figure 1

A block diagram of the development of methodological support for risk assessment and the procedure for calculating the probability of risk



Источник: авторская разработка

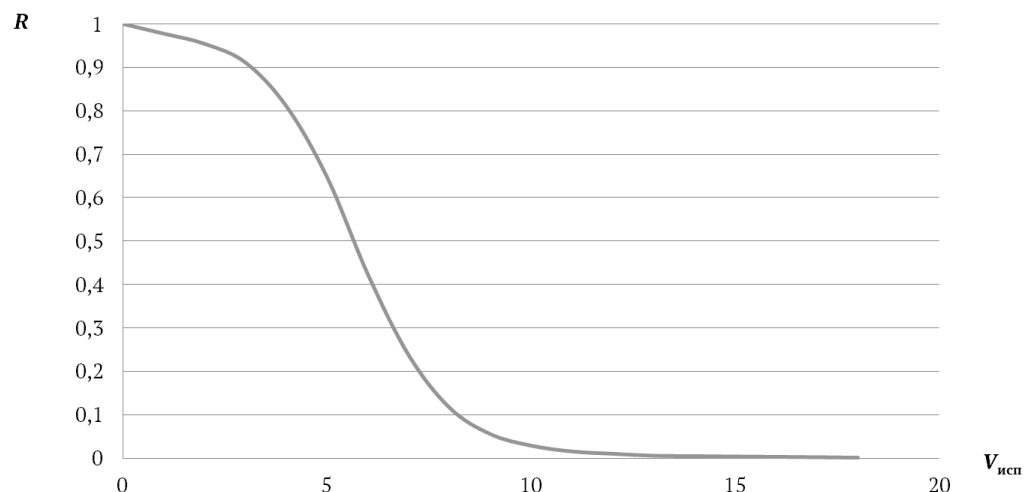
Source: Authoring

Рисунок 2

Зависимость вероятности научно-технического риска на этапе отработки изделия от количества испытаний, ед.

Figure 2

Dependence of the probability of scientific and technical risk at the stage of product development on the number of tests



Источник: авторская разработка

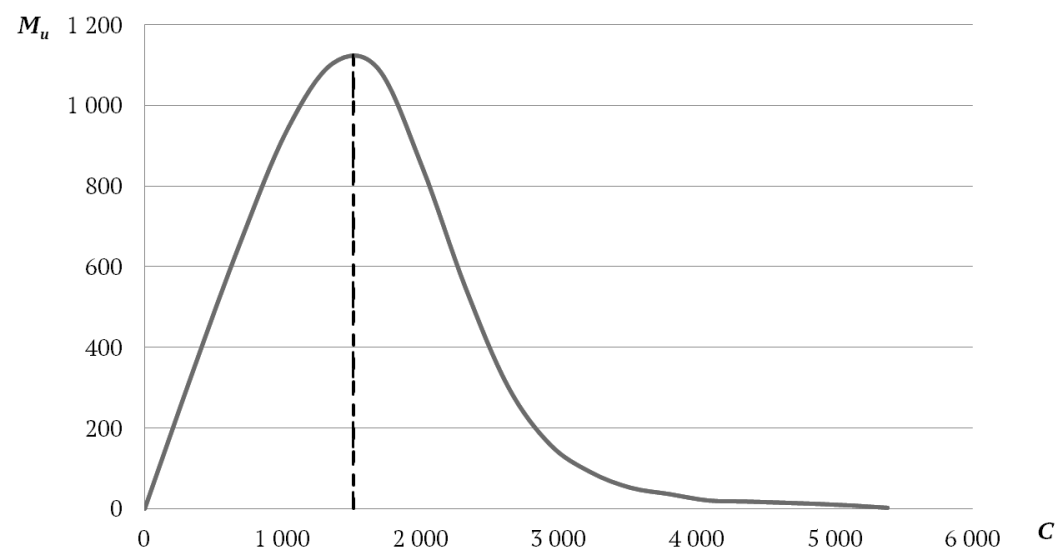
Source: Authoring

Рисунок 3

Финансовые потери на этапе отработки изделия вследствие проявления научно-технического риска, у.е.

Figure 3

Financial losses at the stage of product development caused by scientific and technical risk, conventional unit



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Бадалова А.Г. Управление рисками производственных систем: теория, методология, механизмы реализации. М.: СТАНКИН; Янус-К, 2006. 356 с.
2. Багриновский К.А., Бендилов М.А., Хрусталева Е.Ю. Механизмы технологического развития экономики России. М.: Наука, 2003. 375 с.
3. Бабин В.А. Практические аспекты оценки риска в бизнесе // Управление риском. 2004. № 3. С. 18–20.
4. Журавлев Ю.М., Секерж И.Г. Страхование и перестрахование (теория и практика). М.: Анкил, 1994. 184 с.
5. Извеков Д.А. Страхование предприятий оборонного комплекса и авиационно-космической отрасли // Военно-космическая оборона. 2001. № 3. URL: <http://militaryarticle.ru/voenno-kosmicheskaya-oborona/2001/12144-strahovanie-predpriyatij-oboronno-go-kompleksa-i>
6. Качалов Р.М. Хозяйственный риск. М.: Наука, 2002. 191 с.
7. Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность. М.: Экономика, 1997. 286 с.
8. Морозов Д.С. Проектное финансирование: управление рисками и страхование. М.: Анкил, 1999. 119 с.
9. Цай Т.Н., Грабовый П.Г., Мараида Б.С. Конкуренция и управление рисками на предприятиях в условиях рынка. М.: Аланс, 1997. 288 с.
10. Подольский А.Г., Лавринов Г.А. Содержание понятий неопределенности и риска в области формирования и реализации планов развития ВВТ // Вооружение и экономика. 2010. № 1. С. 53–59. URL: <http://www.viek.ru/9/53-59.pdf>
11. Лавринов Г.А. Состояние и тенденции развития методов военно-экономического обеспечения реализации планов развития вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2012. № 4. С. 72–85. URL: https://sc.mil.ru/files/morf/military/archive/vie_2012_04.pdf
12. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. М.: Финансы и статистика, 2001. 222 с.
13. Спицин А.Г., Хмелевой В.В. Анализ рисков в проектировании военной техники // Вооружение и экономика. 2011. № 3. С. 35–44. URL: <http://www.viek.ru/15/35-44.pdf>

14. Чернов В.А. Анализ коммерческого риска. М.: Финансы и статистика, 1998. 127 с.
15. Мунтяну А.А. Методический подход к оценке рисков программ развития вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2013. № 2. С. 14–18.
URL: <http://www.viek.ru/23/14-18.pdf>
16. 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.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-otsenki-riskov-pri-sozdanii-raketno-kosmicheskoy-tehniki>
17. Саркисян С.А., Ахундов В.М., Минаев Э.С. Большие технические системы. Анализ и прогноз развития. М.: Наука, 1977. 350 с.
18. Фиров Н.В., Сорокин С.А. Прогнозирование объёма экспериментальной отработки систем и элементов образцов ВВТ на ранних этапах их создания // Вооружение и экономика. 2021. № 1. С. 180–189.
URL: https://sc.mil.ru/files/morf/military/archive/vie_21_1%2855%29.pdf
19. Фиров Н.В., Сорокин С.А. Методические положения оценки вероятности выполнения опытно-конструкторской работы в условиях финансовых ограничений // Вопросы региональной экономики. 2021. № 1. С. 207–214.
20. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ. М.: Воениздат, 2001. 350 с.
21. Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

METHODOLOGICAL PROVISIONS FOR ASSESSING SCIENTIFIC AND TECHNICAL RISK AND FINANCIAL LOSSES DURING DEVELOPMENT WORKS TO CREATE COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Nikolai V. FIROV ^{a,*},

Sergei A. SOROKIN ^b

^a 4th Central Research Institute of Ministry of Defence of Russian Federation,
Korolev, Moscow Oblast, Russian Federation
nfirov@mail.ru
ORCID: not available

^b 4th Central Research Institute of Ministry of Defence of Russian Federation,
Korolev, Moscow Oblast, Russian Federation
four-cniimorf@yandex.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 486/2021
Received 30 August 2021
Received in revised form
11 September 2021
Accepted 20 Sept 2021
Available online
29 October 2021

JEL classification: C15,
C53, L11, O3

Keywords: research and
development, scientific
and technical risk, degree
of novelty, confidence
probability

Abstract

Subject. The article addresses scientific and technical risk and financial losses of the customer in the process of research and development works on the creation of complex technical systems.

Objectives. The study aims at constructing and analyzing the dependence of scientific and technical risk and financial losses of the customer on the planned volume of development works and the financial resources invested in them.

Methods. We apply methods of probability theory and mathematical statistics, system and regression analysis, risk assessment and management. The paper rests on data on completed development projects for complex technical systems creation.

Results. We formulated methodological provisions for assessing scientific and technical risk, arising in the process of development works on complex technical systems. The paper presents an algorithm for calculating the expected financial losses from works implementation. The problem of minimizing financial losses associated with scientific and technical risk is formulated and formalized. The feasibility of proposed provisions and recommendations is confirmed by a practical example.

Conclusions. To assess risks, it is important to consider the impact of the degree of difference between the main characteristics of developed product and its prototype on the required amount of works at development stage. This enables to build regression dependencies of the volume of works at the development stage on a specified factor, which are later used to assess the scientific and technical risk and associated financial losses.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Firov N.V., Sorokin S.A. Methodological Provisions for Assessing Scientific and Technical Risk and Financial Losses During Development Works to Create Complex Technical Systems. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 10, pp. 1933–1950.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.10.1933>

References

1. Badalova A.G. *Upravlenie riskami proizvodstvennykh sistem: teoriya, metodologiya, mekhanizmy realizatsii* [Risk management of production systems: Theory, methodology, implementation mechanisms]. Moscow, MSUT STANKIN, Yanus-K Publ., 2006, 356 p.
2. Bagrinovskii K.A., Bendikov M.A., Khrustalev E.Yu. *Mekhanizmy tekhnologicheskogo razvitiya ekonomiki Rossii* [Mechanisms of technological development of the Russian economy]. Moscow, Nauka Publ., 2003, 375 p.
3. Babin V.A. [Practical aspects of risk assessment in business]. *Upravlenie riskom = Risk Management*, 2004, no. 3, pp. 18–20. (In Russ.)
4. Zhuravlev Yu.M., Sekerzh I.G. *Strakhovanie i perestrakhovanie (teoriya i praktika)* [Insurance and reinsurance (theory and practice)]. Moscow, Ankil Publ., 1994, 184 p.
5. Izvekov D.A. [Insurance of enterprises of the defense complex and the aerospace industry]. *Voenno-kosmicheskaya oborona*, 2001, no. 3. (In Russ.)
URL: <http://militaryarticle.ru/voenno-kosmicheskaya-oborona/2001/12144-strahovanie-predpriyatij-oboronnogo-kompleksa-i>
6. Kachalov R.M. *Khozyaistvennyi risk* [Business risk]. Moscow, Nauka Publ., 2002, 191 p.
7. Kleiner G.B., Tambovtsev V.L. Kachalov R.M. *Predpriyatie v nestabil'noi ekonomicheskoi srede: riski, strategii, bezopasnost'* [Enterprise in unstable economic environment: Risks, strategies, safety]. Moscow, Ekonomika Publ., 1997, 286 p.
8. Morozov D.S. *Proektnoe finansirovanie: upravlenie riskami i strakhovanie* [Project finance: Risk management and insurance]. Moscow, Ankil Publ., 1999, 119 p.
9. Tsai T.N., Grabovyi P.G., Marashda B.S. *Konkurentsia i upravlenie riskami na predpriyatiyakh v usloviyakh rynka* [Competition and risk management at enterprises under market conditions]. Moscow, Alans Publ., 1997, 288 p.
10. Podol'skii A.G., Lavrinov G.A. [The maintenance of concepts of uncertainty and risk in the field of formation and realisation of plans for development of arms and the military technics]. *Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics*, 2010, no. 1, pp. 53–59. URL: <http://www.viek.ru/9/53-59.pdf> (In Russ.)
11. Lavrinov G.A. [Status and trends of the development of military and economic support development plans of weapons and military equipment]. *Vooruzhenie i ekonomika =*

- Armament and Economics*, 2012, no. 4, pp. 72–85.
URL: https://sc.mil.ru/files/morf/military/archive/vie_2012_04.pdf (In Russ.)
12. Dubrov A.M., Lagosha B.A., Khrustalev E.Yu. *Modelirovanie riskovykh situatsii v ekonomike i biznese* [Modeling risk situations in economics and business]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2001, 222 p.
13. Spitsin A.G., Khmelevoi V.V. [Risk analysis in aerospace design]. *Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics*, 2011, no. 3, pp. 35–44.
URL: <http://www.viek.ru/15/35-44.pdf> (In Russ.)
14. Chernov V.A. *Analiz kommercheskogo riska* [Analysis of commercial risk]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1998, 127 p.
15. Muntyanu A.A. [The methodical approach to an estimation of risks of programs of development arms and the military technics of rocket strategic forces]. *Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics*, 2013, no. 2, pp. 14–18.
URL: <http://www.viek.ru/23/14-18.pdf> (In Russ.)
16. Orlov A.I., Tsisarskii A.D. [Risk assessment method in creating space-rocket technology]. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser.: Mashinostroenie = Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering*, 2017, no. 2, pp. 99–107. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-otsenki-riskov-pri-sozdanii-raketno-kosmicheskoy-tehniki> (In Russ.)
17. Sarkisyan S.A., Akhundov V.M., Minaev E.S. *Bol'shie tekhnicheskie sistemy. Analiz i prognoz razvitiya* [Large technical systems. Analysis and development forecast]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 350 p.
18. Firov N.V., Sorokin S.A. [Forecasting of the Systems and Elements of Military Equipment Samples Experimental Adjustment Volume at their Initial Development Stage]. *Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics*, 2021, no. 1, pp. 180–189.
URL: https://sc.mil.ru/files/morf/military/archive/vie_21_1%2855%29.pdf (In Russ.)
19. Firov N.V., Sorokin S.A. [Methodological provisions for assessing the probability of performing development work in conditions of financial constraints]. *Voprosy regional'noi ekonomiki*, 2021, no. 1, pp. 207–214. (In Russ.)
20. Vikulov S.F. *Voenno-ekonomicheskii analiz* [Military-economic analysis]. Moscow, Voenizdat Publ., 2001, 350 p.
21. Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei* [Probability theory]. Moscow, Nauka Publ., 1969, 576 p.

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.