

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ И СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАНОВ СОЗДАНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ*

© 2017 г. Г.А. Лавриновⁱ, Е.Ю. Хрусталёвⁱⁱ, О.Е. Хрусталёвⁱⁱⁱ

Аннотация. Проектирование и производство наукоемкой продукции с длительным жизненным циклом требуют формирования долгосрочных научно-технических планов и программ, реализация которых сопровождается большим числом неопределенностей и рисков различных типов. Одной из важнейших задач, которая должна быть решена при подготовке планов развития, является совокупность методов и инструментов, позволяющих выявить и по возможности нейтрализовать потенциальные угрозы срыва запланированных работ из-за отклонения выполнения планов от исходной траектории. В статье предложен экономико-математический инструментарий учета, управления и компенсации рисков, присутствующих в процессах создания и разработки современной ракетно-космической техники в рамках инновационных планов и программ, которые базируются на трансцендентальном и эмпирическом методах разработки плановых вариантов. Для построения краткосрочного плана развития ракетно-космической техники авторами разработан метод многовариантного управления, позволяющий при необходимости перейти от одного варианта краткосрочного плана к другому с сохранением сбалансированности и без потери системности.

Ключевые слова: инновационный проект, экономико-математический инструментарий, многокритериальная задача, программы и планы, риски и неопределенности, ракетно-космическая техника.

Классификация JEL: C65, D81, G32, O32.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ И ЕГО КОМПЕНСАЦИИ

Методы оценки риска и реализующий их инструментарий дают возможность рассчитать и оценить его показатели для каждого отдельного проекта, который может войти в план инновационно-ориентированного развития ракетно-космической техники (РКТ), а также для всего формируемого плана в целом (Батьковский, Мерзлякова, 2011; Варшавский, Яркин, 2009; Bohnert et al., 2015; Platon et al., 2014). Важнейшей проблемой разработчиков плана и заказывающих органов (координаторов плана) является выявление возможных рисков и управление ими (Варшавский, 2011; Качалов, 2012; Любушин и др., 2011; Славянов, 2013; Хрусталёв и др., 2013; Liu, Zhang, Liu, 2011) в ходе построения и обоснования возможных плановых вариантов, а также в процессе практической реализации утвержденного варианта.

В качестве важнейших методов оценки, компенсации и управления риском в данной статье предлагаются и математически обосновываются:

1) на этапе построения долгосрочного варианта плана развития: а) предварительный метод, используемый при разработке плановых вариантов; б) эмпирический метод, предназначенный для выбора и реализации наиболее рационального варианта;

* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-06-00018: Математическое и логико-лингвистическое моделирование организационно-экономических механизмов снижения и компенсации рисков инновационных проектов создания наукоемкой продукции с длительным жизненным циклом (на примере ракетно-космической техники)).

ⁱ Геннадий Алексеевич Лавринов — д.э.н., профессор, первый вице-президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук; Москва, gelavrinov@yandex.ru.

ⁱⁱ Евгений Юрьевич Хрусталёв — д.э.н., профессор, заведующий лабораторией Центрального экономико-математического института РАН; Москва, stalev@cemi.rssi.ru.

ⁱⁱⁱ Олег Евгеньевич Хрусталёв — к.э.н., с.н.с. Центрального экономико-математического института РАН; Москва, stalev777@yandex.ru.

2) на этапе построения краткосрочного плана развития — метод многовариантного формирования и управления планом.

Учет и управление риском на этапе построения долгосрочного плана целесообразно осуществлять трансцендентально (при разработке нескольких вариантов плана и нахождении среди них наиболее рационального) или эмпирически (при оценивании производственно-экономической эффективности сформированного варианта плана).

Предварительный метод базируется на принципе допустимого при реализации плана риска и предполагает, что показатели риска представляют дополнительные критерии (совместно с показателями стоимости и эффективности), подлежащие учету при разработке рациональных вариантов развития РКТ.

Эти обстоятельства переводят задачу построения плана в класс сложных и многокритериальных задач, предназначенных для проведения экономического и производственно-технического анализа. Основным приемом формирования плана, которым можно воспользоваться в случае учета нескольких критериев, является выявление доминирующего критерия оптимизации и учет всех остальных в качестве ограничений. При наличии нескольких критериев необходимо выявить доминирующий критерий, по которому будет производиться оптимизация, а остальные критерии фиксируются и учитываются в качестве ограничений. Иными словами, из набора критериев ($K_1, \dots, K_m$) выбирается основной критерий (например, K_i), а значения остальных критериев ограничиваются с помощью дополнительных неравенств.

Тогда постановку задачи в общем виде можно сформулировать как максимизацию K_i на множестве различных вариантов плана $z \in Z$ при ограничениях $K_i(u) \geq K_i^{mp}$ ($i = 2, \dots, m$). При такой постановке оптимальным окажется план, удовлетворяющий решению задачи

$$\max_{z \in Z} K_i(z) \text{ при } K_i(z) \geq K_i^{mp}. \quad (1)$$

Предложенная постановка задачи обладает ясным математическим смыслом и с учетом ограничительных условий позволяет среди допустимых решений найти оптимальное.

Особенностью построения плана является его многовариантность, которая подразумевает формирование нескольких плановых вариантов, зависящих от объемов возможных ассигнований F_j^g . По этой причине в каждом варианте размер выделяемых плановых ассигнований следует считать заданным. Используемый в исследовании принцип допустимого риска разрешает считать заданной величину допустимого риска для каждого анализируемого варианта. Величина допустимого риска может быть представлена в денежном или каком-либо другом эффективностном выражении, в качестве которого можно, например, использовать величину финансовых потерь, которая не должна превышать одной трети стоимости планового варианта (Хрусталёв, Стрельникова, 2011). Следовательно, задача оптимизации разрабатываемого плана развития сводится к однокритериальной с учетом двух ограничений — по размерам суммарных ассигнований и по допустимой величине риска.

В этом случае формализация постановки задачи построения рационального варианта (комплекса вариантов) плана выполняется следующим образом. Пусть в процессе проведения финансово-экономических и производственных исследований для каждого из потенциально возможных объемов финансирования F_j^g подготовлено n сбалансированных вариантов плана развития РКТ, каждый из которых определяется показателем эффективности $E_{1j}, \dots, E_{nj}$. Для каждого варианта сделаны оценки одного из множества показателей риска $PR_{1j}, \dots, PR_{nj}$, который может возникнуть из-за негативного действия внутренних и внешних факторов.

Для каждого допустимого варианта финансирования необходимо выбрать оптимальный вариант развития РКТ при условии, что при его реализации показатель риска не превысит рассчитанного ранее допустимого значения $PR_{допj}$:

$$E_j = \max_i E_{ij} \text{ при } F_j \leq F_j^B \text{ и } PR_{ij} \leq PR_{допj}. \quad (2)$$

Решение данной задачи позволяет построить вариант плана полностью ориентированный на возможности ракетно-космической промышленности и способный обеспечить необходимый уровень риска при выполнении плана развития РКТ.

Недостатками такого варианта являются:

1) для обеспечения необходимого уровня риска часто приходится уменьшать эффективность перспективной системы РКТ за счет исключения из плана высокоэффективных, но рискованных проектов создания инновационной техники;

2) управление риском и его компенсация возможны только в период включения проекта в предлагаемый вариант плана и в случае, когда можно найти надежных исполнителей или изменить номенклатуры запланированных работ;

3) требуется значительное увеличение объемов научных исследований — подготовка дополнительных альтернативных плановых вариантов для одного возможного объема финансирования новой системы РКТ.

Эмпирический метод основывается на принципе сбалансированности системы РКТ и предполагает существование особого финансового фонда для компенсации риска δF_j^B . Разработка вариантов плана состоит из 2 этапов. На начальном этапе варианты разрабатываются классическим методом на основе критерия “стоимость — эффективность”. В этом случае показатели риска используются в качестве индикаторов их эффективности и качества:

$$E_j \rightarrow \max \text{ при } F_j \leq (F_j^B - \delta F_j^B). \quad (3)$$

На втором этапе выполняется управление риском с помощью резерва, созданного для реализации наиболее сложных и рискованных проектов L_R , включенных в план. Состав проектов, включенных в анализируемый вариант плана по принципу сбалансированности, сохраняется неизменным. После того как план окончательно сформирован, выполняется его эмпирическая корректировка (улучшение) по критерию

$$PR_j \rightarrow \min_{L_R} \text{ при } E_j = E_{j \max} \text{ и } \delta F_j \leq \delta F_j^B. \quad (4)$$

В условиях существующих финансовых ограничений предлагаемый подход позволяет разрабатывать варианты планов развития РКТ с высоким уровнем эффективности и минимальным уровнем риска, в том числе для реализации проектов, считавшихся на первом этапе высокорисковыми.

Использование резервного фонда при предварительном методе приводит к эффекту “проклятия размерности”, так как число вариантов в пределах одного уровня ассигнований будет зависеть, помимо всего прочего, от распределения средств фонда между всеми проектами, включаемыми в каждый из вариантов.

КОНЦЕПЦИЯ МНОВариантного УПРАВЛЕНИЯ ПЛАНом РАЗВИТИЯ РКТ С УЧЕТОМ ЕЕ РИСКОВОСТИ

В качестве основного инструмента выполнения долгосрочной инновационной программы развития ракетно-космических предприятий (Макаров, Хрусталёв, 2010; Рудцкая и др., 2009; Хрусталёв Е., Хрусталёв Ю., 2006) может использоваться краткосрочный план.

Главной задачей формирования краткосрочного плана представляется определение плановых параметров, которые способствовали бы удержанию процесса развития РКТ на программной траектории, а также обеспечивали бы достижение поставленных целей и требуемой эффективности при завершении планового периода. Однако прогнозы состояния социально-экономической ситуации, в рамках которой ожидалось выполнение долгосрочного плана, часто нарушаются вследствие появления и негативного действия различных рисков и неопределенностей. В результате реальный вариант траектории развития (т.е. его экономические, тактико-технические, технологические и производственные показатели создаваемых образцов РКТ) может существенно отличаться от программной.

Основным методом, который позволяет управлять развитием РКТ в условиях риска и неопределенности, является метод модификации долгосрочной программы. На этапе разработки следующего годового плана создается исследовательский (рабочий) вариант развития РКТ, предполагающий изменение долгосрочного плана с учетом выявленных внутренних резервов (частично меняется состав запланированных работ, увеличиваются сроки выполнения неприоритетных проектов, уменьшаются их финансирование и т.п.). По нашему мнению, использовать метод модификации целесообразно лишь в условиях значительной неопределенности в потенциальных объемах финансирования долгосрочных программ освоения космического пространства. При наличии достаточно устойчивого и точного макроэкономического прогноза появляется возможность применения другого подхода к компенсации нежелательных последствий реального развития событий в рискованных условиях.

В основу такого альтернативного подхода следует положить принцип адаптивного многовариантного управления процессом реализации краткосрочного плана. Подготовленные на этапе построения долгосрочного плана различные варианты развития РКТ после утверждения итогового программного варианта используются для устранения возможных отклонений от утвержденной программной траектории с помощью финансовых возможностей страхового и резервного фондов, создавая при этом новые варианты развития, которые обосновывают принятие управляющих решений для определения объемов финансирования космических программ на очередной год (Барановская, Вострокнутов, 2008; Хрусталёв, 2011). Тогда главными задачами при построении краткосрочного плана становятся: идентификация событий, которые произошли к данному моменту времени; оценка возможных негативных последствий каждого такого события (оценку потенциального ущерба) при завершении планового периода; создание и осуществление комплекса управляющих воздействий, снижающих отклонение программной траектории инновационного развития РКТ от утвержденной.

Идентификация событий, которые произошли ко времени определения объемов финансирования на очередной год, состоит в анализе темпов и качества выполнения отдельных инновационных проектов (Виленский и др., 2015), определении уровня эффективности и обоснованности принятых к данному временному моменту управленческих решений, оценке достаточности имеющихся у предприятий ракетно-космической промышленности ресурсов, а также в выявлении расхождений между текущими и запланированными условиями выполнения долгосрочного плана.

Для каждого краткосрочного (годового) плана необходимо выявлять и оценивать риски реализации плана в целом, а также каждого отдельного инновационного проекта, включенного в план. Если существующая инновационная инфраструктура (Ларин, Хрусталёв, 2009) и показатели наиболее значимых рисков не превышают величины допустимых значений, то управляющие корректирующие воздействия не нужны. В противном случае возникает необходимость в изменении хода событий, которое реализуется с помощью процедур управления риском и его нейтрализации.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РКТ

Методы компенсации и управления риском следует выбирать, учитывая размеры специально созданных финансовых фондов, а также требуемые для снижения возможного ущерба объемы дополнительных ресурсов и финансовых затрат. В этом случае управление развитием РКТ представляется как изменение возможных состояний сложной многопараметрической динамической слабодетерминированной системы.

Ее состояние определяется совокупностью наиболее значимых параметров $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ в каждый фиксированный временной момент – в конкретной точке пространства параметров (фазового пространства). Параметрами состояния данной системы являются тактические, технические и экономические характеристики (показатели) существующих и создаваемых образцов РКТ.

Изменение состояний системы можно формализовать с помощью уравнений вида

$$Y(t+1) = f(t, Y(t), u(t), W(t)), \quad t = 0, \dots, N-1, \quad (5)$$

где Y — вектор некоторого конкретного состояния $Y \in R^n$; u — вектор, предназначенный для осуществления управляющих воздействий, $u \in U(t) \subseteq \Omega^q$; $U(t)$ — замкнутое, заранее заданное множество допустимых в системе значений управляющего вектора; t — дискретное время, $t \in T = [0, \dots, N-1]$; N — заданное число шагов; $W(t) \in \Omega^m$ — m -мерный вектор, с помощью которого учитывается неопределенность различных внешних воздействий на управляемый объект; $f(t, y, u, w): T \times \Omega^n \times U(t) \times R^m \rightarrow R^n$ — вектор-функция, определяющая характер изменений системных состояний.

Начальное состояние анализируемой системы (5) задается соотношением:

$$Y(0) = Y_0 \in \Omega^n. \quad (6)$$

Цель управления состоит в достижении требуемого конечного состояния $Y(N)$, для которого в конце управленческого интервала должно быть выполнено необходимое условие:

$$G(Y(N)) = 0, \quad (7)$$

где $G(Y(N))$ — гиперплоскость допустимых отклонений состояния анализируемой системы.

Ряд векторов $u(0), \dots, u(N-1)$ называется *управляющими воздействиями* $u(\bullet)$, а последовательность $y(0), \dots, y(N-1)$, определяемая управляющими воздействиями, — *траекторией* $y(\bullet)$ анализируемой системы.

При управлении используется информация о фактической $Y \in R^n$ и требуемой $Y^{mp} \in R^n$ величине вектора состояния динамической системы, т.е. применяемое в каждый дискретный момент времени $t \in T$ управляющее воздействие представляет особую форму управления, которое имеет необходимую обратную связь, учитывающую величину вектора состояния.

Множество допустимых корректирующих и управляющих воздействий U^n образуют функции $u(t, y): T \times \Omega^n \rightarrow U(t)$, при которых траектория анализируемой системы удовлетворяет соотношению (6) для различных исходных условий (5).

Тогда задача управления развитием РКТ формулируется в следующей постановке: найти множество допустимых корректирующих и управляющих воздействий $u(t) \in U(t)$, $t = 0, \dots, N-1$ таких, чтобы траектория динамической системы удовлетворяла соотношению (6) при заданных исходных условиях (5).

Опишем совокупность допустимых процессов $D(y, u)$ как множество пар $d = (y(\bullet), u(\bullet))$, включающих управляющие воздействия $u(\bullet) \in U$ и траекторию $y(\bullet)$. На множестве $D(y, u)$ определим функционал, характеризующий качество управления

$$I = M \left\{ F(Y(N)) + \sum_{t=0}^{N-1} f^0(t, Y(t), u(t), W(t)) \right\}, \quad (8)$$

где M — математическое ожидание, усреднение в котором выполняется по множеству реализаций случайного процесса Y , порожденного случайным вектором $W(t)$, $t = 0, \dots, N-1$, и разрешенным управляющим воздействием $u(\bullet) \in U$; $F(Y(N))$ — терминальный элемент функционала, определяющий состояние в конце периода управления, т.е. степень достижения поставленной цели управления развитием РКТ — количественная величина, которая характеризует расхождение между достигнутыми и требуемыми при завершении планового периода результатами; $f^0(t, Y(t), u(t), W(t))$ — интегральный элемент функционала, определяющий качество функции, объединяющей процесс управления.

Понятие “качество функции синтеза управления” фактически отражает те аспекты процесса управления развитием РКТ, которые связаны с организацией решения всего комплекса задач обоснования, согласования, формирования, коррекции плана, а также оперативного управления его реализацией. Естественно, идеальным вариантом и высшим уровнем качества функции синтеза управления можно было бы считать такой план, который не корректируется в течение планового периода. Однако это может быть гарантировано либо слишком большими ресурсными затратами, либо неприемлемым снижением эффективности системы РКТ в конце планового

периода. Данный критерий не имеет явного формального описания, однако возможно многофакторное (в виде вектор-функции) представление через набор частных критериев (устойчивость плана, вероятность успешной реализации, необходимые резервы, внутренние ресурсы, ожидаемые потери и т.д.).

При решении задачи с помощью инструментария многовариантного управления определенный по формуле (8) функционал качества может быть либо интегральным, либо терминальным членом, в зависимости от величины внешних возмущений.

Если внешние возмущения можно компенсировать, используя возможности специально созданных финансовых фондов, то задача заключается в максимально возможном продвижении вдоль программно подготовленной траектории к ее завершающей конечной точке и достижении при этом заданных величин показателей состояния (7). Интегральный член в этом случае является ограничением при нахождении допустимых и рациональных управляющих воздействий, а управленческая задача формализуется в виде

$$I(d^*) = \min_{0 < t < N-1} M[F(Y(N))]. \quad (9)$$

Если планового резерва недостаточно для компенсации внешних и внутренних возмущений, выполняется корректировка исходной программной траектории. В этом случае роль ограничителя передается терминальному члену, который в конце периода программного управления определяет множество допустимых состояний. Тогда управленческая задача формализуется в виде

$$I(d^*) = \min_{1 \leq i \leq n} M \left[\sum_{t=1}^T f_i^0(y_i(t), u(t), w(t), t) \right]. \quad (10)$$

Выбор нужного функционала качества планового управления ((9) или (10)) выполняется по результатам сравнения цели и плана развития РКТ с информацией о степени достижения поставленной цели и выполнении плана либо сопоставления ожидаемого состояния реализации плановых работ требуемому состоянию. Для первого метода выбора функционала основными информационными источниками служат донесения и отчеты о ходе осуществления плановых мероприятий, а во втором — средства и методы анализа информации о возможных изменениях внешних условий (внешней среды) развития РКТ.

* * *

На этапе построения краткосрочного плана нами был использован метод многовариантного управления, суть которого заключается в том, что подготовленные ранее варианты развития ракетно-космической техники дополняются вариантами, учитывающими компенсацию возможных отклонений от утвержденного плана с помощью использования созданных страхового и резервного фондов. При этом появляется поле дополнительных вариантов развития ракетно-космической техники, служащее основанием для определения объемов финансирования на очередной плановый год. Основным отличием предлагаемого подхода от традиционного метода корректировки космических планов и программ является новая схема подготовки и обоснования управляющих решений, в рамках которой осуществляется обобщение различных вариантов развития, их анализ, синтез решений по снижению или компенсации возможных отрицательных последствий.

Подготовка, обоснование и реализация управленческих решений по нейтрализации неблагоприятных последствий базируются на предварительно подготовленных ситуационных сценариях и адекватных ответных действиях.

Разработанный многовариантный метод оценки реализуемости составленных планов позволит выполнить переход от одного заранее подготовленного краткосрочного плана работ к другому с сохранением сбалансированности его основных элементов на протяжении всего программного периода и без потери системности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барановская Т. П., Вострокнутов А. Е. (2008). Модели совершенствования и оценки организационных структур // *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. № 36. С. 61–76.
- Батковский А. М., Мерзлякова А. П. (2011). Оценка инновационных стратегий предприятия // *Вопросы инновационной экономики*. № 7. С. 10–17.
- Варшавский А. Е. (2011). Проблемные инновации: основные риски // *Концепции*. № 1–2. С. 82–86.
- Варшавский А. Е., Яркин А. П. (2009). Комплексные программы научно-технического прогресса страны на долгосрочный период // *Концепции*. № 1. С. 22–41.
- Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. (2015). Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Поли Принт Сервис.
- Качалов Р. М. (2012). Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. М.: СПб.: Нестор-История.
- Ларин С. Н., Хрусталёв О. Е. (2009). Бизнес-инкубатор как важная составляющая инновационной инфраструктуры региона: анализ зарубежного и отечественного опыта // *Региональная экономика: теория и практика*. № 17. С. 27–33.
- Любушин Н. П., Бабичева Н. Э., Козлова Л. В. (2011). Учет фактора риска в анализе кредитоспособности заемщика // *Экономический анализ: теория и практика*. № 10. С. 2–7.
- Макаров Ю. Н., Хрусталёв Е. Ю. (2010). Механизмы реструктуризации наукоемких производств (на примере ракетно-космической промышленности) // *Экономика и математические методы*. Т. 46. № 3. С. 31–42.
- Рудцкая Е. Р., Хрусталёв Е. Ю., Цыганов С. А. (2009). Методы накопления научного знания для инновационного развития российской экономики (опыт РФФИ) // *Проблемы прогнозирования*. № 3. С. 134–139.
- Славянов А. С. (2013). Оценка эффективности методов экономической защиты инвестиций в инновационные проекты космической деятельности // *Контроллинг*. № 2. С. 35–47.
- Хрусталёв Е. Ю., Славянов А. С., Сахаров И. Е. (2013). Методы и инструментарий выбора механизмов экономической защиты наукоемких производств на примере ракетно-космической промышленности // *Экономический анализ: теория и практика*. № 30. С. 2–11.
- Хрусталёв Е. Ю., Стрельникова И. А. (2011). Финансовые методы снижения риска при создании наукоемкой и высокотехнологичной продукции // *Финансы и кредит*. № 7. С. 13–21.
- Хрусталёв О. Е. (2011). Методические основы оценки экономической устойчивости промышленного предприятия // *Аудит и финансовый анализ*. № 5. С. 180–185.
- Хрусталёв Е. Ю., Хрусталёв Ю. Е. (2006). Оценка состояния экономической безопасности высокотехнологичных производств // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. № 2. С. 46–52.
- Bohnert A., Gatzert N., Jorgense P. L. (2015). On the Management of Life Insurance Company Risk by Strategic Choice of Product Mix, Investment Strategy and Surplus Appropriation Schemes // *Insurance: Mathematics and Economics*. Vol. 60. January. P. 83–97.
- Liu P., Zhang X., Liu W. (2011). A Risk Evaluation Method for the High-Tech Project Investment Based on Uncertain Linguistic Variables // *Technological Forecasting and Social Change*. No. 78. P. 40–50.
- Platon V., Frone S., Constantinescu A. (2014). Financial and Economic Risks to Public Projects // *Procedia Economics and Finance*. Vol. 8. P. 204–210.

Поступила в редакцию
26.02.2017 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Baranovskaya T.P., Vostroknutov A.E. (2008). Model Improvement and Assessment of Organizational Structures. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*, 36, 61–76 (in Russian).
- Batkovskij M.A., Merzlyakova A.P. (2011). Evaluation of Innovative Strategies for the Enterprise. *Issues of Innovation Economics*, 7, 10–17 (in Russian).
- Bohnert A., Gatzert N., Jorgense P.L. (2015). On the Management of Life Insurance Company Risk by Strategic Choice of Product Mix, Investment Strategy and Surplus Appropriation Schemes. *Insurance: Mathematics and Economics*, 60, January, 83–97.
- Kachalov R.M. (2012). Management of Economic Risk: Theoretical Foundations and Applications. Moscow, Saint Petersburg: Nestor-History (in Russian).

- Khrustalev E.Yu., Khrustalev Yu.E. (2006). Assessment of Economic Security High-Tech Industries. *National Interests: Priorities and Security*, 2, 46–52 (in Russian).
- Khrustalev E.Yu., Slavyanov A.S., Sakharov I.E. (2013). Methods and Tools Selection of Mechanisms for Economic Protection of High-Tech Industries for Example Aerospace Industry. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 30, 2–11 (in Russian).
- Khrustalev E.Yu., Strelnikova I.A. (2011). Methods to Reduce Financial Risk while Creating High-Tech Products. *Finance and Credit*, 7, 13–21 (in Russian).
- Khrustalev O.E. (2011). Methodical Bases of an Estimation of Economic Stability of Industrial Enterprises. *Audit and Financial Analysis*, 5, 180–185 (in Russian).
- Larin S.N., Khrustalev O.E. (2009). Business Incubator as an Important Component of the Innovation Infrastructure of the Region: Analysis of Foreign and Russian Practice. *Regional Economy: Theory and Practice*, 17, 27–33 (in Russian).
- Liu P., Zhang X., Liu W. (2011). A Risk Evaluation Method for the High-Tech Project Investment Based on Uncertain Linguistic Variables. *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 40–50.
- Lyubushin N.P., Babichev N.E., Kozlova L.V. Account of Risk Factor in the Analysis of the Creditworthiness of the Borrower. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 10, 2–7 (in Russian).
- Makarov Yu.N., Khrustalev E.Yu. (2010). Mechanisms of Restructuring the Science-intensive Industries (for Example Aerospace Industry). *Economics and Mathematical Methods*, 46, 3, 31–42 (in Russian).
- Platon V., Frone S., Constantinescu A. (2014). Financial and Economic Risks to Public Projects. *Procedia Economics and Finance*, 8, 204–210.
- Rudzka E.R., Khrustalev E.Yu., Tsyganov S.A. (2009). Methods of Accumulation of Scientific Knowledge for Innovative Development of the Russian Economy (Experience of the Russian Foundation for Basic Research). *Problems of Forecasting*, 3, 134–139 (in Russian).
- Slavyanov A.S. (2013). Evaluation of the Effectiveness of Methods for the Economic Protection of Investments in Innovation Projects Space Activities. *Controlling*, 2, 35–47 (in Russian).
- Varshavsky A.E. (2011). The Problematic of the Innovation: The Main Risks. *Concepts*, 1–2, 82–86 (in Russian).
- Varshavsky A.E., Yarkin, A.P. (2009). The Comprehensive Program of Scientific and Technological Progress of the Country in the Long Term. *Concepts*, 1, 22–41 (in Russian).
- Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. (2015). Evaluation of Investment Projects Efficiency: Theory and Practice. Textbook. Moscow: PolyPrint Service (in Russian).

Received 26.02.2017

TOOLS FOR ASSESSMENT AND RISK REDUCTION IN THE FORMATION OF PLANS FOR ROCKET-SPACE TECHNOLOGY*

G.A. Lavrinovⁱ, E.Yu. Khrustalevⁱⁱ, O.E. Khrustalevⁱⁱⁱ

Abstract. Design and manufacture of high technology products with a long life cycle requires the formation of long-term scientific and technological plans and programs, which implementation is accompanied by a large number of uncertainties and various types of risks. One of the most important tasks that need to be addressed in preparing the development plans, are the methods and tools to identify and neutralize potential threats of disruption of planned activities due to the deviation of the plans' implementation from the original trajectory. The paper proposed economic and mathematical tools for accounting, management and compensating the risks inherent in the processes of creation and development of the modern rocket and space technology in the framework of innovative plans and programs of transcendental and empirical methods of development planning options. To build a short-term plan for the development of rocket-and-space technology the authors have developed multivariate control, allowing to move from one short-term option plan to another one, preserving balance without a loss of consistency.

Keywords: innovation project, economic and mathematical tools, multitask, programs and plans, risks and uncertainties, rocket-space technology

JEL Classification: C65, D81, G32, O32.

*The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant 16-06-00018: Mathematical and Logical-Linguistic Modeling of Organizational and Economic Mechanisms to Reduce and Compensate for Risk of Innovative Projects for Creating High-Tech Products with a Long Life Cycle (The Rocket-and-Space Technology Case)).

ⁱ Gennadii A. Lavrinov – Doct. Sc. (Economics), Professor, First vice-president, Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences; Russia, Moscow, gelavrinov@yandex.ru.

ⁱⁱ Evgenii Yu. Khrustalev – Doct. Sc. (Economics), Professor, Head of the laboratory, CEMI RAS; Russia, Moscow, stalev@cemi.rssi.ru.

ⁱⁱⁱ Oleg E. Khrustalev – Cand. Sc. (Economics), Senior scientific worker, CEMI RAS; Russia, Moscow, stalev777@yandex.ru.