

# КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

УДК 629.7 + 311.218

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ЧАСТЬ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА РИСКОВ

И.В. Минаев  
(ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

*Представлены общие методические положения структурного анализа процесса управления сложными системами в условиях неопределённости их развития, адаптация которых к управлению проектными рисками создания космической техники является основой формирования исходных данных для соответствующих систем управления.*

**Ключевые слова:** космическая техника, риск-анализ, иерархия уровней анализа, этапы принятия решений.

Развитие космического производства осуществляется в сложных современных условиях, определяемых как проблемами социально-экономического характера, так и особенностями создания космической техники (КТ) [1]. В то же время возросшее влияние производственных рисков различного характера возникновения и вызываемых ими последствий практически полностью игнорируется законодательством производственной и управленческой деятельности.

Перечень источников по вопросам управления в ситуации риска и степени его оценки в отечественной литературе существенно ограничен, фундаментальных исследований, по существу, нет. Имеющиеся публикации преимущественно являются учебной литературой, авторы которых

при внушительных объёмах изданий (до 800 с. и более [2 – 4]) подробно рассматривают различные вопросы управления рисками, как правило, в сфере услуг и практически не касаются аналогичных проблем в производственной сфере, в частности, малосерийного и единичного производства в машиностроении при существенных ресурсных ограничениях, характерных для создания КТ.

Отсутствие устойчивого интереса к управлению рисками при создании КТ существует не одно десятилетие и хронологически обусловлено особенностями начального периода космической деятельности, включающих его:

– ориентацию в течение длительного времени на преимущественно экстенсивное развитие

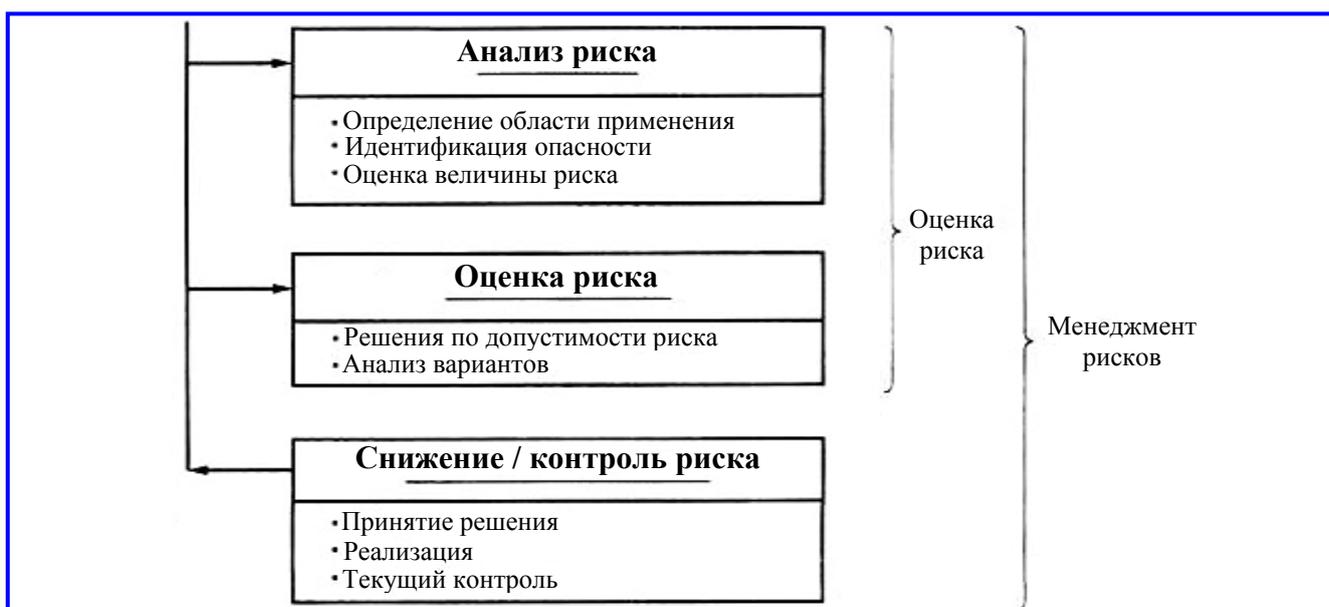


Рис. 1. Соотношения между анализом риска и другими действиями по управлению риском

экономики страны;

- высокую степень централизации управления;
- господство административных методов управления.

Кроме того, при «экономике дефицита» и конъюнктурных политических амбициях у заказчиков и производителей нет заинтересованности в желании идти на риск, менять сложившуюся технологию производства.

Риск в производственной деятельности имеет вполне самостоятельное теоретическое и прикладное значение как важная составная часть теории и практики управления, особенно при малоизученности этой серьезнейшей проблемы в нашей стране. Однако отсутствие установившегося понимания базовых характеристик управления рисками (терминологии, классификации, методов исследования и способов их реализации и т. д.) существенно затрудняет процесс разработки нормативных документов создания КТ.

На рис. 1 показан фрагмент используемой в ГОСТ Р 51901–2002. Менеджмент риска. Системы управления рисками. Неоднозначность терминологии в обозначениях этапов процесса управления рисками («оценка величины риска», «оценка риска» и «оценивание риска») затрудняет понимание аналогичных обозначений в изданных монографиях последних лет по данной тематике [2, 4].

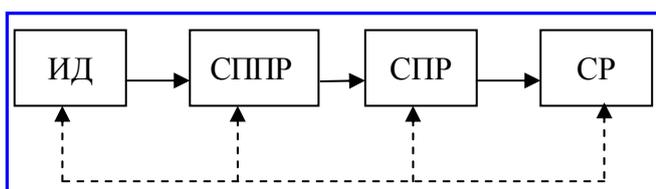


Рис. 2. Этапы обработки информации о рисках: ИД – исходные данные; СППР – система подготовки принятия решений; СПР – система принятия решений; СР – снижение риска

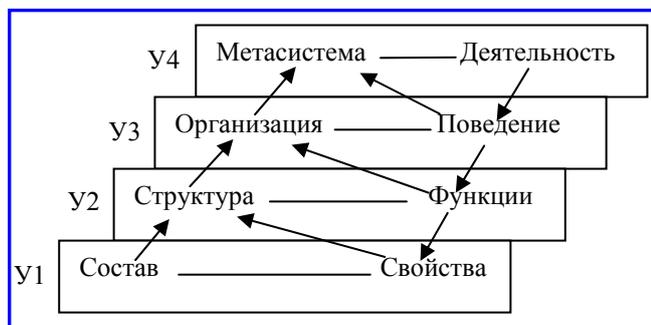


Рис. 3. Методологические уровни анализа систем

Поэтому декомпозицию процесса менеджмента риска (см. рис. 1) целесообразно трансформировать к виду, соответствующему задачам по обработке информации о рисках (рис. 2) и логике проведения системных исследований в рамках теории принятия решений.

На этапе СППР при сохранении содержания основных элементов этапа «Анализ риска» устраняется неоднозначность значений терминов «оценка величины риска» и «оценка риска», рассматриваемых на рис. 1. При этом под «оценкой величины риска» понимается процесс присвоения значений вероятности риска, а формирование выходных данных СППР является непосредственно процессом оценивания риска.

Данное определение термина «оценивание риска» используется в качестве основного допущения в дальнейшем изложении.

Остальные соотношения между действиями по принятию решений раскрываются в СПР на основании реализации процесса присвоения значений последствий риска (возможного ущерба), анализа вариантов и окончательного решения по управлению риском. Результаты данного процесса классифицируются как «оценка риска».

### Методические основы оценивания рисков

Очевидная сложность создания, эксплуатации и развития КТ предполагает необходимость обоснования и реализации решений на всех этапах существования системы в методологических рамках системного анализа с использованием основных положений и методов теории принятия решений (ТПР) как научного аппарата исследования сложных систем.

Как следует из рис. 1 и 2 процесс управления рисками создания КТ также основан на обосновании необходимых и возможных вариантов управляющих решений, сопровождающих производственный процесс создания КТ.

В этой связи целесообразно рассмотреть основные положения ТПР, адаптированных к рассматриваемой предметной области с использованием известных публикаций (например [5]).

### Методологические уровни анализа систем

Опыт исследования сложных технических систем показывает целесообразность введения следующих четырех качественно различных методологических уровней анализа систем, отражающих один из важнейших принципов системного анализа – принцип декомпозиции систем (рис. 3):

- уровень У1 – «состав – свойства» (или детальный уровень) – соответствует производственному уровню;

– уровень У2 – «структура – функция» (или агрегативный уровень) – соответствует отраслевому уровню подсистем;

– уровень У3 – «организация – поведение» (или системный уровень) – соответствует уровню анализа систем;

– уровень У4 – «метасистема – деятельность».

В зависимости от характера проблемы распределение физических систем по уровням анализа будет меняться. В рассматриваемых условиях обоснованным можно считать следующий вариант состава уровней: У4 – космическая отрасль; У3 – космические системы различного назначения; У2 – функциональные подсистемы КТ; У1 – производство и эксплуатация изделий КТ.

Основным методологическим принципом исследования систем уровней У3 – У1 является принцип внешнего дополнения, в основе которого лежит концепция метасистем. Сущность данной концепции сводится к следующему: исследуемая система, например уровня У3, рассматривается не изолированно, а как составная часть метасистемы, что объединяет исследования на уровнях У3 и У4. Таким образом, системный подход позволяет представить исследуемую систему не только в виде целостности, состоящей из элементов и наделённой определённой структурой, но и рассматривать её с точки зрения метасистемы и её целей.

Из рассмотренного следует основной вывод, прежде всего, о многовариантности целеполагания в проблеме создания КТ, которая влечёт необходимость развёрнутого «вертикально-горизонтального» исследования модели проблемной ситуации.

#### Основные этапы принятия решений

Содержание исследования на рассматриваемых уровнях (рис. 3) можно представить следующим образом.

На этапе проблемного анализа на основе анализа ситуации осуществляется оценка действительной необходимости и возможности решения проблемы с учётом сложившихся условий, производится формирование и анализ целей и средств их достижения.

На этапе концептуальных исследований уточняются методологические особенности операционных исследований: производится уточнение целей и задач, установление уровней исследования, обоснование концепций рационального поведения, выбор обобщённых показателей и критериев эффективности.

На этапе операционных исследований уточняется

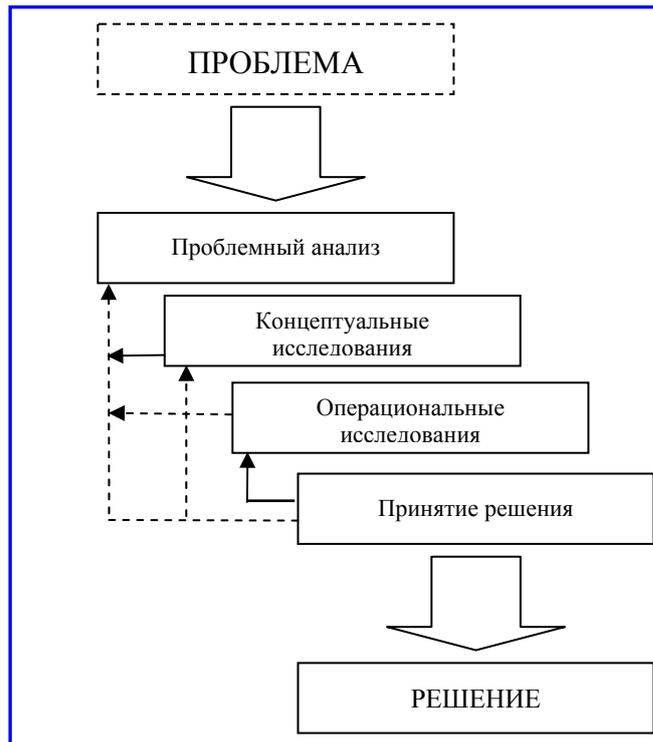


Рис. 4. Основные этапы процесса принятия решений

и исследуется модель оценки эффективности стратегий достижения цели, множество возможных стратегий  $U^b$  селектируется до уровня допустимых  $U^a$  и «лучших»  $U^*$  стратегий.

На этапе принятия решений реализуется отображение множества «лучших» стратегий  $U^*$  в их «наилучший» вариант  $u^*$ :

$$U^* \times \sigma \rightarrow u^*,$$

где  $\sigma$  – множество возможных ситуаций, сложившихся к моменту принятия решения.

Между этапами возможны циклы, показанные на рис. 4.

Таким образом, суть проблемы принятия решений состоит в формировании элементов проблемной ситуации с целью выработки в конечном итоге научно обоснованного решения.

Для дальнейшего рассмотрение целесообразно использовать обобщённую модель проблемной ситуации и этапов принятия решений (рис. 5).

#### Обобщённая модель проблемной ситуации

Поскольку структурное построение модели на рис. 5 инвариантно для любого этапа и уровня исследования систем, определим элементы модели, имеющие характер переменных исходных условий:

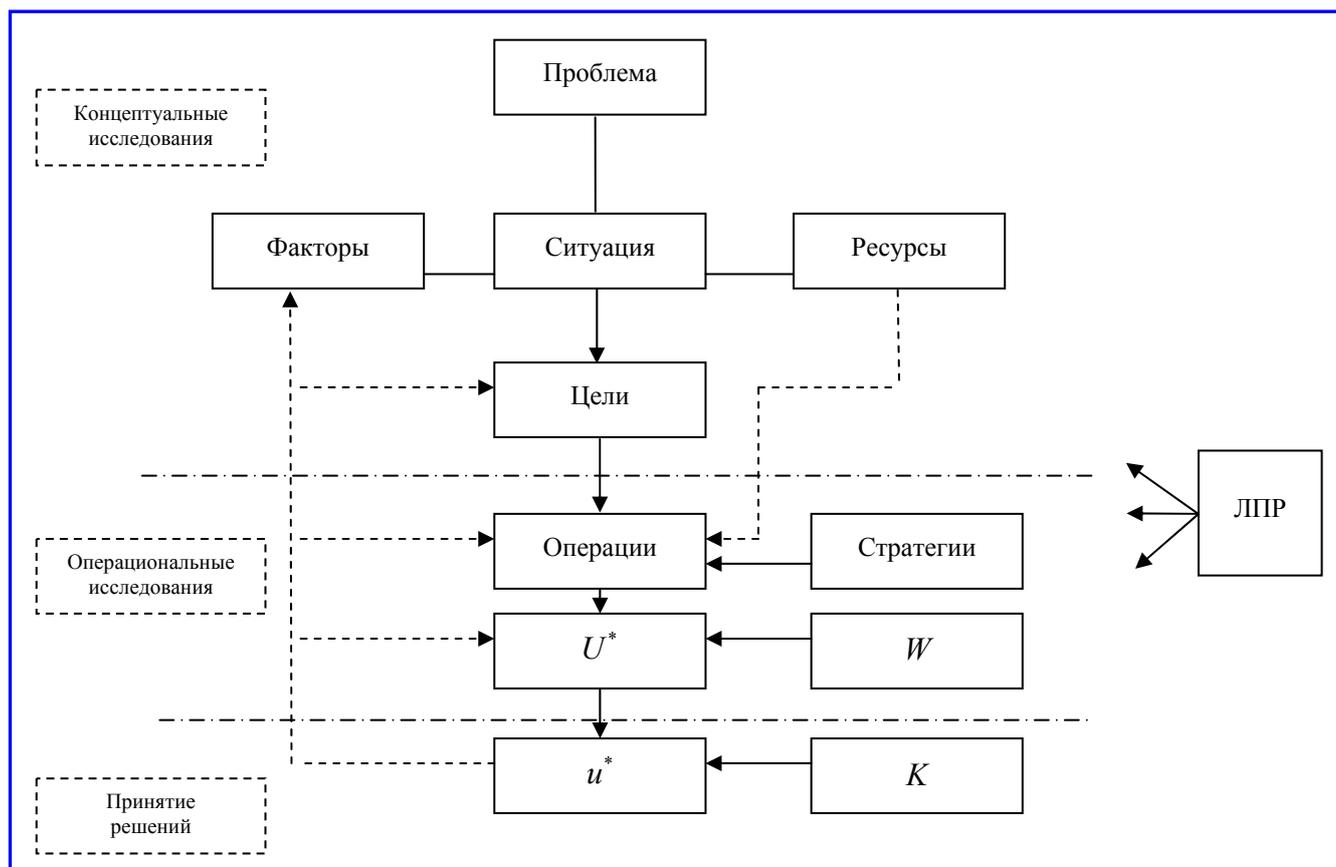


Рис. 5. Обобщённая модель проблемной ситуации

– *проблема* – реально существующее несоответствие;

– *цель* (целеполагание) – определяется либо существующими концепциями проведения операций, либо лица, принимающего решение (ЛПР) всех уровней иерархии системы (метасистемы);

– *факторы* – причина, движущая сила процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты. Из множества факторов выделяется подмножество управляемых факторов (активных средств, ресурсов), которые находятся в распоряжении ЛПР. Все остальные факторы рассматриваются как неуправляемые и образуют так называемый *комплекс условий*;

– *ресурсы* внешние (финансирование, инвестиции и др.) и внутренние (техника, технологии, научный уровень, персонал и т. д.). Внутренние «минимально достаточные» ресурсы определяются в результате экспериментальных и аналитических исследований стратегического потенциала отрасли (организации);

– *стратегия* – способ использования активных средств.

Множество стратегий формируется из управляемых факторов. В процессе принятия решений рассматривают возможные, допустимые, лучшие стратегии и итоговую наилучшую стратегию;

– *показатели W и критерии эффективности K* зависят от степени научного обоснования и ЛПР.

Представленная на рис. 5 схема объединяет элементы принятия решений в соответствующую логическую последовательность деятельности системного исследователя.

Совокупность управляемых и неуправляемых факторов порождают реально существующие условия для возникновения ситуации, которая при определённом стечении обстоятельств может привести к возникновению проблем в той или иной области деятельности человека.

Степень важности проблемы и актуальность её решения определяется ЛПР (СПР) – заинтересованным лицом (организацией), задачей которого является формулирование цели систематической деятельности по решению проблемы с учётом

имеющихся активных средств (ресурсов) и предпочтений ЛПР при действиях в условиях неопределённости.

Расход активных средств, выделяемых для решения проблемы, регламентируется множеством допустимых стратегий (вариантов решения), эффективность возможного использования которых оценивается с помощью обоснованного математического аппарата при моделировании изучаемого процесса.

Коррекция процесса выбора лучшей (рациональной, оптимальной) стратегии регулируется степенью достижения выбираемой стратегией характеристик сформулированной ЛПР цели.

Показанная последовательность анализа проблемной ситуации соответствует принятой на практике целесообразности исследования неуправляемой части элемента «Факторы» в рамках анализа внешней и внутренней среды с последующим обоснованием комплекса условий.

### Модель проблемной ситуации

Для конкретизации рассматриваемой проблемы целесообразно рассмотреть адаптированную к ней общесистемную модель проблемной ситуации, отображающую взаимосвязи основных элементов процесса выработки решений и последовательность формирования частных задач.

Модель проблемной ситуации обычно представляется в виде системы

$$\langle U, \Lambda, H, G, Y, \Psi, W, K, P, \theta \rangle,$$

где  $U$  – множество стратегий;  $\Lambda$  – множество значений определённых и неопределённых факторов;  $H$  – модель операции ( $H: U \times \Lambda \rightarrow Y$ );  $G$  – множество исходов операции;  $Y$  – числовое выражение исходов операции;  $\Psi$  – оператор соответствия «результат – показатель»;  $W$  – показатель эффективности;  $K$  – критерий эффективности;  $P$  – модель предпочтений ЛПР на элементах множества  $D = \langle U, \Lambda, G, Y, W, K \rangle$ ;  $\theta$  – остальная информация о проблемной ситуации.

Модель предпочтений  $P$  представляет собой формализованное представление ЛПР о «лучших» и «худших» элементах анализируемых множеств и позволяет решать ряд частных задач, связанных с формированием исходного множества альтернатив  $U$ , выделением существенных факторов  $\Lambda$ , построением частных пока-

зателей эффективности и их агрегированием в обобщённый показатель и т. д.

Для определения места представленных в статье материалов в структуре системы управления рисками обратимся к часто используемому определению риска, приведённому в [6]:

«Риск – это деятельность, связанная с преодолением неопределённости в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели».

### Выводы

1. Риск в производственной деятельности имеет вполне самостоятельное теоретическое и прикладное значение как важная составная часть теории и практики управления в различных сферах жизнедеятельности.

2. Ввиду многоаспектности процесса управления риском обоснованным является «вертикально-горизонтальное» исследование влияния факторов риска, позволяющее формировать совокупность вариантов (стратегий) парирования негативных результатов рискованной ситуации.

3. Селекция возможных стратегий управления рисками осуществляется в соответствии с основными положениями ТПР как основного инструментария системных методов исследования сложных систем. Декомпозиция процесса принятия решений по иерархическим уровням построения систем и решения задач исследования обеспечивает высокий «объективно-субъективный» уровень управления рисками.

4. Адаптация общих положений принятия решений к конкретным условиям производства КТ должна осуществляться по всем элементам процесса управления рисками и является перво-степенной задачей определения исходных данных для системы управления рисками.

### Литература

1. Минаев И. В. Особенности создания космической техники в современных условиях. Часть 1. Общие положения / И. В. Минаев // Вопросы электромеханики. Труды НПП ВНИИЭМ. – 2010. – Т. 118. – № 5. – С. 19 – 22.
2. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – М. : Дашков и Ко, 2010. – 880 с.
3. Общая теория рисков / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – М. : Академия, 2008. – 368 с.
4. Управление проектом / Под ред. Разу М. Л. – М. : КНОРУС, 2011. – 768 с.

5. Надёжность и эффективность : справочник. Т. 3 / Под ред. Крючкова Ю. В. – М. : Машиностроение, 1987. – 342 с.
6. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 315 с.

*Поступила в редакцию 14.03.2012*

***Игорь Викторович Минаев***, д-р техн. наук,  
советник генерального директора – генерального конструктора,  
т. (495) 625-24-18, e-mail: [vniiem@orc.ru](mailto:vniiem@orc.ru).