

*Спицин А.Г.
Хмелевой В.В.*

Кандидат технических наук

Анализ рисков в проектировании авиационной техники

В статье рассматривается проблема оценки рисков, возникающих при проектировании сложных технических систем в самолетостроении. Проведена идентификация и качественный анализ рисков. Представлена модель процесса инженерного проектирования, которая должна заменить устаревшие методы исследования операций. Использован метод анализа иерархий для расчета обобщенного сценария завершения проекта.

Проблеме оценки рисков в проектировании сложных технических систем (СТС) в ведущих зарубежных странах уделяют серьезное внимание значительно давно. Ситуация, с которой имеют дело руководители? в частности при разработке авиационной техники военного назначения, как правило, характеризуется высокой неопределенностью.

При повышении уровня неопределенности в принятии проектных решений возникает необходимость в использовании новых методов и подходов для оценки рисков, которые основаны на различных процедурах использования экспертных оценок. Это объясняется тем, что, как правило, точные методы, основанные на исследовании операций в силу отсутствия надежных статистических данных по аналогичным проектам, неэффективны. Такое положение весьма характерно для процессов создания научно-технических проектов со значительной инновационной компонентой.

Как известно, риск проекта – это неопределенное событие или условие, которое в

случае возникновения имеет негативное воздействие по меньшей мере на одну из целей проекта, например, сроки или стоимость. Причиной возникновения риска является неопределенность, которая присутствует во всех проектах. Известные риски – это те риски, которые идентифицированы и подвергнуты анализу. В отношении таких рисков можно спланировать ответные действия с помощью методов управления рисками, которые позволяют снизить потери как по срокам, так и по стоимости проектов сложных технических систем. В основе риска лежат два фактора: вероятность и неопределенность. Управление рисками проекта включает в себя решение следующих задач (рис.1):

- идентификацию рисков;
- качественный анализ рисков;
- количественный анализ рисков;
- реагирование на риски.

Идентификация рисков предусматривает определение рисков, способных повлиять на проект, и создание структуры этих рисков.

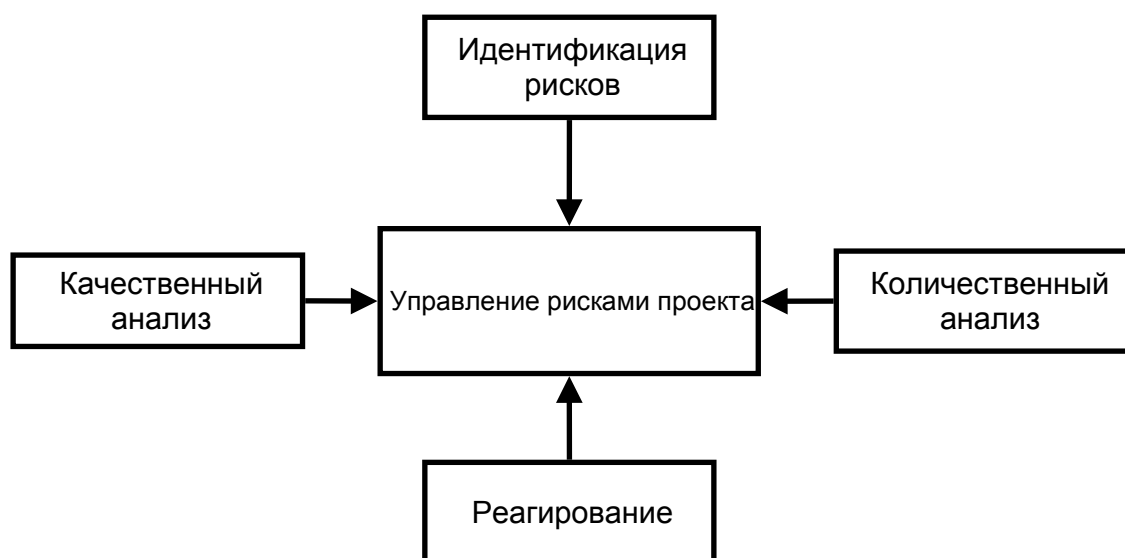


Рисунок 1 Состав управления рисками

Качественный анализ рисков включает в себя расстановку приоритетов для идентифицированных рисков. Организации могут существенно повысить эффективность исполнения проекта, сосредоточив усилия на рисках, обладающих наивысшим приоритетом.

Количественный анализ производится в отношении тех рисков, которые в процессе качественного анализа рисков были квалифицированы как потенциально или существенным образом влияющие на конкурентоспособные свойства проекта. В процессе количественного анализа рисков оценивается эффект от таких рисков событий

Планирование реагирования на риски – это процесс разработки путей и определения действий по увеличению возможностей снижения угроз для целей проекта.

Система рисков инженерного проекта подразделяется на внешние и внутренние риски, состав которых представлен на рис. 2.

Внутренние риски. Рассмотрим подсистему внутренних рисков, которые связаны с процессами инженерного проектирования.

Конструкторским риском будем называть риск срыва проекта, связанный с невозможностью реализации концепции авиационной техники военного назначения (АТ ВН). Конструкторский риск представляет собой риск возникновения проблемы проектирования, которую не удалось решить главному разработчику авиационного комплекса (АК). Как правило, такой риск очень высок на этапах жизненного цикла создания СТС вплоть до аванпроекта. Величина конструкторского риска не зависит от плановых и финансовых рисков.

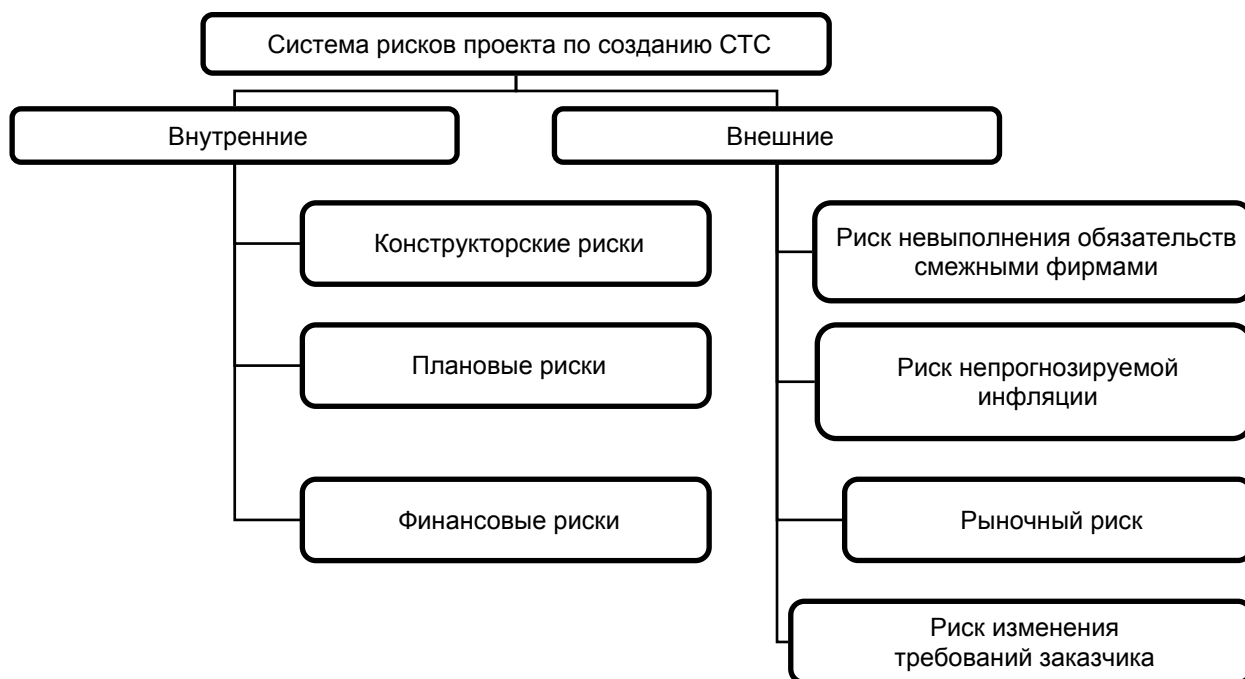


Рисунок 2 Классификация рисков типового проекта

Плановый риск, в отличие от конструкторского существует на всех этапах жизненного цикла и связан с возможным изменением сроков каждого этапа и, как следствие, нарушением обязательств перед заказчиком. Очевидно, что фактор времени - один из важнейших для успешности реализации результатов НИОКР. Существует явная связь между плановыми рисками предыдущих и следующих этапов, так как высокий риск срыва сроков предыдущего этапа НИОКР влияет на плановый риск следующего этапа.

Своевременное предотвращение плановых рисков приводит к уменьшению времени разработки, что позволяет обеспечить два основных конкурентных преимущества: более ранний выход на рынок и меньшие затраты на его разработку.

Финансовый риск – вероятность нанесения финансового ущерба заказчику из-за не-

выполнения проекта (прекращения работ до его завершения) или некачественного выполнения проекта. В качестве меры ущерба может быть принята величина финансовых средств заказчика, затраченных им безрезультатно на оплату работ исполнителя вследствие того, что работа над проектом прервется в ходе его исполнения, или значительно увеличатся предлагаемые сроки выполнения НИОКР.

Целью инженерного проектирования является разработка и создание новых, не существовавших ранее объектов, процессов и систем. Инженерное проектирование состоит из множества процессов, которые можно объединить одним общим термином – «решение конструкторской задачи». Решение конструкторской задачи можно представить как итерационный процесс, состоящий из четырех этапов: возникновение гипотезы,

создание модели, инженерный анализ и принятие решения (рис.3).

Возникновение гипотезы – это творческий процесс, направленный на разработку новых идей и принципов для решения конструкторской задачи. Далее новые идеи воплощаются в виде модели исследуемого объекта или процесса. После выбора концепции, определяющей возможный вариант решения стоящей задачи и создания модели, необходимо

проверить данную концепцию на соответствие физическим законам и различным ограничениям. Такая проверка называется анализом. Инженерный анализ – это получение имеющих смысл ответов на вопросы инженерного характера за приемлемое время при допустимых затратах. Четвертая составляющая инженерного проектирования – принятие решений – это процесс выбора одной альтернативы из многих [3].

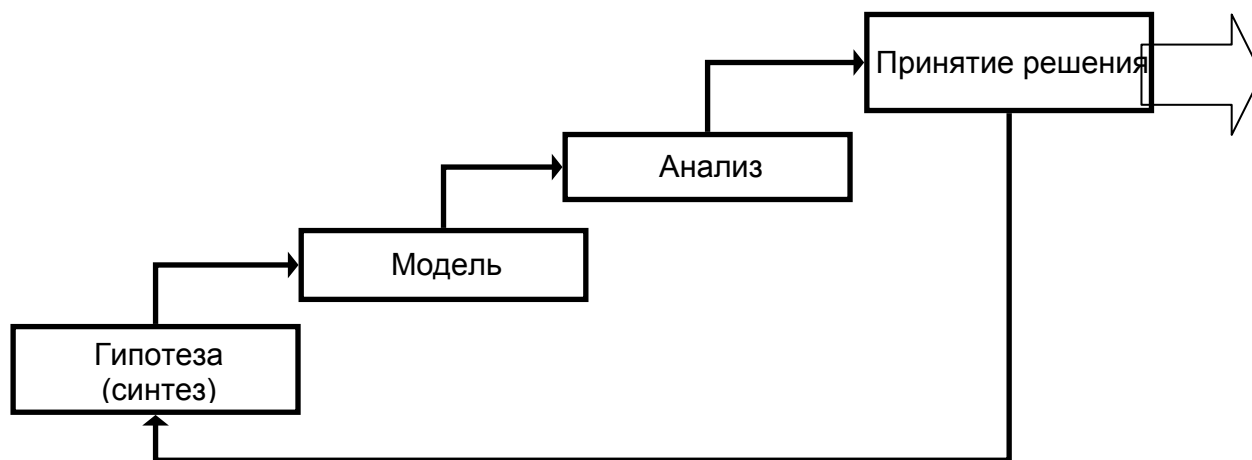


Рисунок 3 Концептуальная схема решения конструкторской задачи

Рассмотрим процесс проектирования на примере разработки авиационной техники военного назначения (АТ ВН). Решение функциональных задач по разработке нового образца авиационной техники военного на-

значения проводят специализированные отделы. Формирование специализированных отделов и их структур обусловлены особенностями объекта разработки. Этапы разработки АТ ВН показаны в табл.1.:

Таблица 1

Этапы разработки авиационной техники военного назначения

Этапы	Состав работ
1. НИЭР (научно-исследовательские и экспериментальные работы)	- создание общего научно-технического задела безотносительно к конкретным образцам АТ ВН; - создание объектно-ориентированного научно-технического задела .
2. Предварительное проектирование.	- концептуальные и обликосые исследования, которые могут завершаться выпускаемой в инициативном

Этапы	Состав работ
	<p>порядке „Инженерной запиской”, предъявляемой Заказчику для принятия решений по дальнейшему ходу работ;</p> <p>-согласование тактико-технического задания (ТТЗ) на аванпроект.</p>
3. Аванпроект.	<p>комплекс теоретических, экспериментальных и проектно-конструкторских работ, определяющих достижимый уровень характеристик и свойств образца на планируемый период времени и уточняющих концепцию образца, заявленную на этапах научно-технического задела и концептуальных и обликowych исследований.</p>
4. Эскизный проект (ЭП). Макет.	<p>- согласование ТТЗ на опытно-конструкторские работы;</p> <p>- разработка эскизного проекта;</p> <p>- разработка технического проекта или изготовление макета</p>
5. Разработка рабочей конструкторской документации (РКД).	<p>разработка РКД происходит согласно морфологической структуре создаваемого объекта.</p>
6. Подготовка опытного производства и изготовление опытных образцов.	<p>проектирование и изготовление оснастки и стендов.</p>
7. Испытания: наземные, стендовые.	
8. Летные испытания.	<p>- летно-конструкторские испытания;</p> <p>- государственные (государственные, государственно-совместные) испытания для АТ ВН</p>
...	



Выполнение любого проекта осуществляется поэтапно, и по результатам выполнения каждого из этапов принимается решение либо о прекращении дальнейших работ в случае неблагоприятного результата, либо об их дальнейшем продолжении.

Далее, используя схему решения конструкторской задачи и знание этапов процесса проектирования АТ ВН, проанализируем риски, возникающие в процессе проектирования сложных технических систем.

Все риски, образуя систему, тесно взаимосвязаны. Вероятность возникновения финансового ущерба возрастает в случае принципиально новых разработок (увеличение конструкторского риска) и в результате изменения сроков научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Увеличение сроков происходит из-за увеличения количества итераций в процессах инженерного анализа. Финансовый риск находится в зависимости от конструкторского и планового рисков, в свою очередь плановый риск зависит от правильной организационной структуры НИОКР и уровня взаимодействия со смежными фирмами. Плановый риск зависит также от увеличения количества итераций в процессе проектирования, которые возникают во время анализа различных вариантов объектов или процессов. Следовательно, если конструкторский риск высок, то возникает множество решений, которые нежизнеспособны при современном уровне развития отрасли, поэтому плановый риск связан с конструкторским.

Связь внутренних рисков с процессом проектирования в рамках n -го этапа проекта показана на рис.4. На каждом этапе возникает ряд конструкторских задач, совместное решение которых позволяет перейти к следующему этапу. Конструкторский риск в данном случае выступает в виде вопроса: «реализуема ли гипотеза?». В случае минимального конструкторского риска, когда инженерный анализ дал положительный результат, необходимость рассмотрения планового и финансового риска отпадает. В случае отрицательного результата возникает вопрос поиска альтернативных решений, а вместе с ним возникает риск завершения проекта на этапе n (финансовый риск) и риск увеличения сроков прохождения данного этапа (плановый риск).

Научно-техническая характеристика может включать следующие признаки объекта проектирования: сложность морфологической структуры объекта, предполагаемое количество решений, которые требуют проведения научно-исследовательских работ, сроки выхода на рынок нового изделия.

Как уже указывалось ранее, во многих случаях при принятии проектных решений статистические данные о частотах появления рискованных ситуаций весьма малы по объему либо вообще отсутствуют. Поэтому используется иной путь измерения рискованных ситуаций, основанный на субъективных измерениях лица, принимающего решение, которые отражают его опыт и знания.

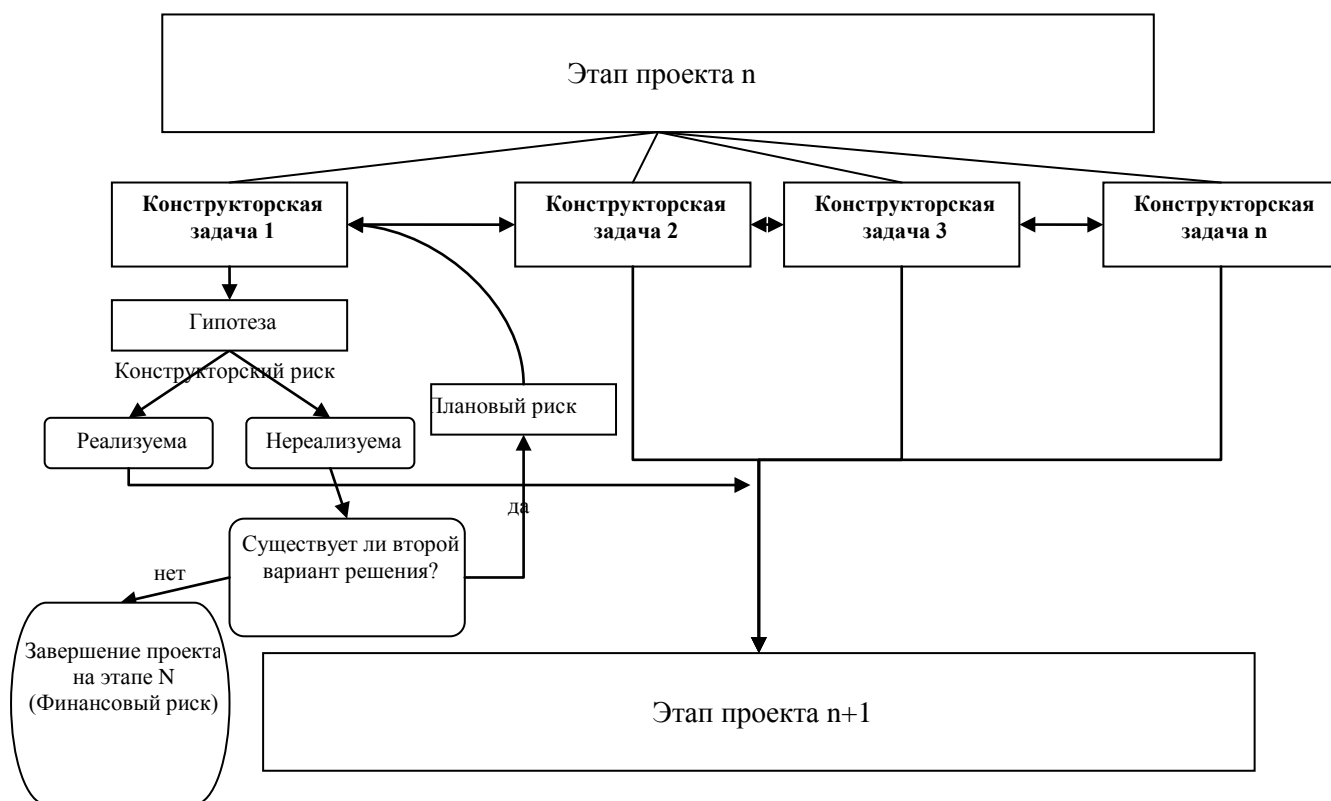


Рисунок 4 Связь внутренних рисков с логикой проектирования в рамках n-го этапа проекта

Прогнозирование рисков является следующим этапом после идентификации рисков и включает в себя качественный и количественный анализ (рис.1). Задача прогнозирования рисков может быть решена с применением метода анализа иерархий (МАИ). Этот метод разработан американским математиком Томасом Саати. (1980, The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation).

МАИ предполагает декомпозицию проблемы на все более простые составляющие части и обработку суждений лица, принимающего решение. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии, которая выражается численно в виде векторов приоритетов. МАИ используется во всем мире для принятия решений в

разнообразных ситуациях: от управления на межгосударственном уровне до решения отраслевых и частных проблем в бизнесе, промышленности, здравоохранении и образовании.

Иерархическая система планирования имеет следующую структуру (рис. 5):

- Фокус иерархии – общая цель.
- Акторы – действующие силы.
- Цели акторов – желаемые пределы и величины, которых надеются достигнуть.
- Факторы – риски.
- Сценарии – потенциальные состояния системы.
- Обобщенный сценарий позволяет интегрировать значения отдельных исходов.

Алгоритм проведения исследования представлен пятью укрупненными этапами [2].

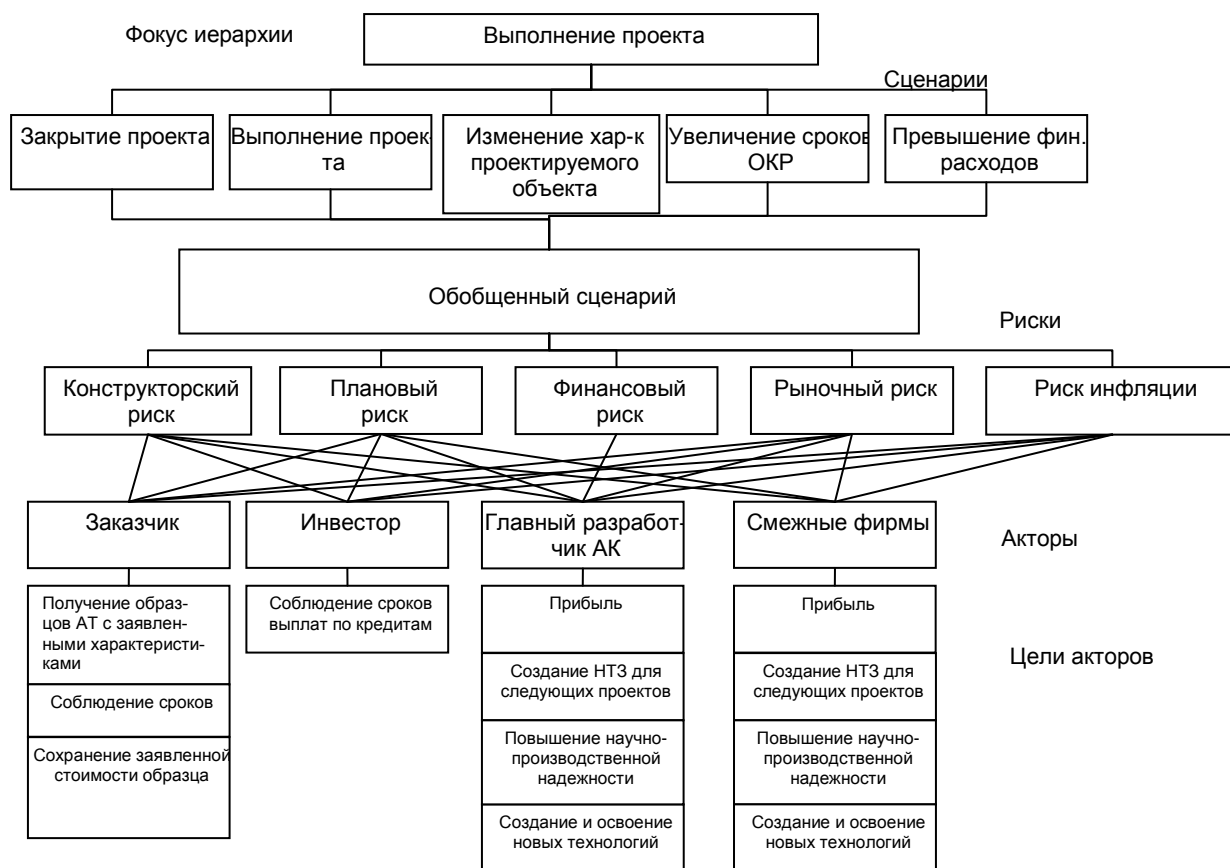


Рисунок 5 Иерархическая система прямого планирования проекта

Этап 1. Определение степени влияния рисков на выполнение проекта. На втором уровне иерархий (риски) строится матрица парных сравнений. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента над другим. Полученные суждения выражаются с помощью шкалы отношений, где каждая степень значимости оценивается в баллах. Вычисляется главный собственный вектор матрицы W ($w_1 w_2 w_3 w_4 w_5$) и определяется доминирующий риск.

Выполнение проекта	1	2	3	4	5
Конструкторский	V_1/V_1	V_1/V_2	V_1/V_3	V_1/V_4	V_1/V_5
Плановый	V_2/V_1	V_2/V_2	V_2/V_3	V_2/V_4	V_2/V_5
Финансовый	V_3/V_1	V_3/V_2	V_3/V_3	V_3/V_4	V_3/V_5
Рыночный	V_4/V_1	V_4/V_2	V_4/V_3	V_4/V_4	V_4/V_5
Непрогнозируемая инфляция	V_5/V_1	V_5/V_2	V_5/V_3	V_5/V_4	V_5/V_5

V_i – вес i -го элемента, определяющий, какой из двух элементов имеет большее воздействие.

Этап 2. Определение степени влияния акторов на риски. Строятся 5 матриц (каждая пара акторов сравнивается относительно степени воздействия на риски). Для матриц рассчитываются векторы приоритетов. Из них составляется матрица влияния акторов на риски.

Ак- торы	Риски				
	Кон- струк- тор- ский	П ла- но- вый	Ф инан- со- вый	Р ыно- чны й	И нфл яци я
За- каз- чик	-	a_{12}	a_{13}	-	-
И нве- стор	-	a_{22}	-	-	-
Раз- ра- бот- чик	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	-
Сме- жные фир- мы	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	-

a_{ij} – координата собственного вектора матрицы A_i

Этап 3. Определение важности целей акторов. Проводится попарно сравнение целей каждого из пяти акторов. В результате получаем векторы приоритетов, отражающие упорядочение веса целей.

a_i – координата вектора приоритетов

Этап 4 Нахождение степени важности акторов относительно рисков, влияющих на выполнение проекта. Умножаем матри-

цу влияния акторов на риски (этап 2) на собственный вектор матрицы парных сравнений рисков (этап 1) и выбираем два актора, на которые приходится 50% и более воздействия на риски. Допустим это b_1 и b_3

$$\begin{pmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & 0 \end{pmatrix} \times W = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix}$$

Затем находим важнейшие цели для этих акторов, умножая собственный вектор целей на соответствующий вес актора. Нормируя веса целей получаем нормированный вектор приоритетов.

$$b_1 \times \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} \quad b_3 \times \begin{pmatrix} a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \end{pmatrix}$$

Допустим, нормированный вектор приоритетов составили c_2, c_5, c_8 , т.е. соблюдение сроков, прибыль и создание новых технологий.

Этап 5. Определение степени влияния сценариев на цели акторов.

Представим результаты обработки матриц парных сравнений:

Сценарий	Цель актора		
	Соблюдение сроков	Прибыль	Создание новых технологий
Закрытие проекта	b_{11}	b_{12}	b_{13}
Выполнение проекта	b_{21}	b_{22}	b_{23}
Изменение характеристик объекта	b_{31}	b_{32}	b_{33}
Увеличение сроков	b_{41}	b_{42}	b_{43}
Превышение расходов	b_{51}	b_{52}	b_{53}

$$\begin{array}{ccc|c|c} b_{11} & b_{12} & b_{13} & c_2 & x_1 \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & c_5 & x_2 \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & c_8 & x_3 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & 0 & x_4 \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & 0 & x_5 \end{array} \times \begin{array}{c} c_2 \\ c_5 \\ c_8 \\ 0 \\ 0 \end{array} = \begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{array}$$

закрытие проекта
выполнение проекта
изменение хар-к объекта
увеличение сроков
превышение расходов

рый покажет, какой из сценариев имеет наибольший вес и, следовательно, наиболее вероятен.

В результате, представив модель процесса инженерного проектирования, можно понять природу возникновения рисков, а метод анализа иерархий позволяет выбрать доминирующий риск и рассчитать обобщенный сценарий завершения проекта.

Умножаем матрицу, сформированную из значений векторов приоритетов сценариев, на нормированный вектор приоритетов (Этап 4) и получаем вектор сценариев, кото-

Список использованных источников

1. В.М. Буренок, Г.А. Лавринов, Е.Ю. Хрусталев. Механизмы управления производством продукции военного назначения. -М.:ЦЭМИ РАН, Наука., 2006. -303 с.

2. А. В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. Анализ, синтез, планирование решений в экономике, М.: ФиС, 2004; -463 с.

3 С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Проектирование самолетов М.: Логос, 2005. -612 с.