

.УДК 65.012.25

## **Методологический инструментарий оценки рисков реализации программ и планов создания авиационной техники**

А.М.Жеребин, В.В.Кропова, М.А.Русак.

### **Аннотация**

Излагаются основные положения предлагаемого подхода к оценке рисков реализации программ создания авиационной техники; обосновывается концепция среды сетевого моделирования как информационно-программного инструментария поддержки и сопровождения исследований по оценке рисков и принятия решений по управлению рисками; приводятся результаты модельных экспериментов с использованием разработанной и программно-реализованной пилотной версии комплекса оценки и оптимизации временных и стоимостных параметров сетевой модели проекта создания образца авиационной техники.

Ключевые слова: программы и планы создания авиационной техники, риски, оценка эффективности, жизненный цикл, показатели риска, факторы риска, сетевое моделирование, модельный эксперимент.

### **Актуальность и практическая значимость**

Процесс формирования программ и планов создания авиационной техники (АТ) базируется на результатах исследований по таким направлениям как: обоснование состава и облика перспективных образцов АТ; оценка эффективности целевого применения авиационных группировок; оценка затрат на жизненный цикл продукции авиационной отрасли; оценка реализуемости программ и планов развития АТ, т.е. оценка способности предприятий и организаций авиационной и смежных отраслей промышленности выполнить в установленные сроки и с требуемым качеством заказ на создание новой техники.

Наиболее продвинутыми, в смысле наличия развитого методологического, методического, информационно-программного инструментария, являются традиционно первые два направления. В последние годы произошел качественный скачок в развитии модельно-методических и информационно-программных средств оценки стоимостных параметров жизненного цикла образцов АТ. При этом следует отметить сближение

методологических подходов, развиваемых и реализуемых организациями промышленности и заказчика авиационной техники. Что касается направления, связанного с оценкой реализуемости, а тем более рисков реализации программ и планов развития авиации, то здесь, несмотря на наличие отдельных методических разработок, равного по степени обоснованности и проработанности методологического инструментария пока не создано. Актуальность и практическая значимость работ в этом направлении обусловлены еще и тем, что оценка рисков реализации программ и планов развития АТ важна не только на этапе их формирования, но и на этапе выполнения в соответствии с фактически реализуемой динамикой и случайным механизмом действия определяющих факторов.

### Основные определения

Способность организаций и предприятий промышленности реализовать программу создания образцов АТ в заданные сроки, оценивается риском реализации программы (см. рис 1.).



Рис. 1.

Решая проблему оценки рисков реализации программ и планов по развитию авиации и авиационной деятельности обратим внимание на следующие обстоятельства.

С одной стороны, любая программа (государственная, федеральная, комплексная) создания перспективной авиационной техники представляет собой единство четырех компонент: финансовое обеспечение, сроки выполнения, номенклатура, количество и тактико-технические характеристики продукции, ожидаемый эффект от реализации. Отклонение параметров каждой из первых трех компонент от плановых значений приводит к изменениям параметров других компонент и в конечном итоге к невозможности достижения в установленные сроки желаемого эффекта от реализации программы.

С другой стороны, любая программа по созданию перспективной техники может быть представлена как совокупность относительно независимых проектов создания образцов

АТ(см. рис. 2), связанных суммарным ресурсом, выделяемым на реализацию проектов, и временным отрезком, в течение которого эти проекты должны быть выполнены, но не взаимообусловленных как это имеет место при выполнении работ по реализации проекта.

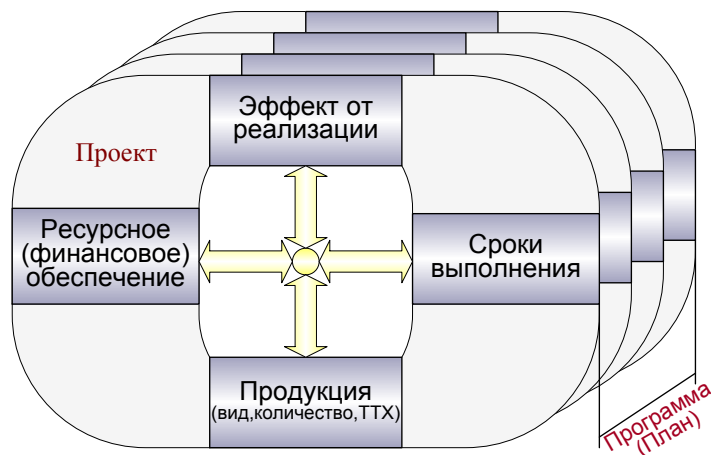


Рис. 2.

При этом если риски реализации проектов связаны с негативным воздействием факторов различной природы на процессы разработки и производства техники, то риски реализации программы определяются рисками реализации проектов при заданных параметрах проектов (возможно с учетом их важности) (см. рис. 3.).

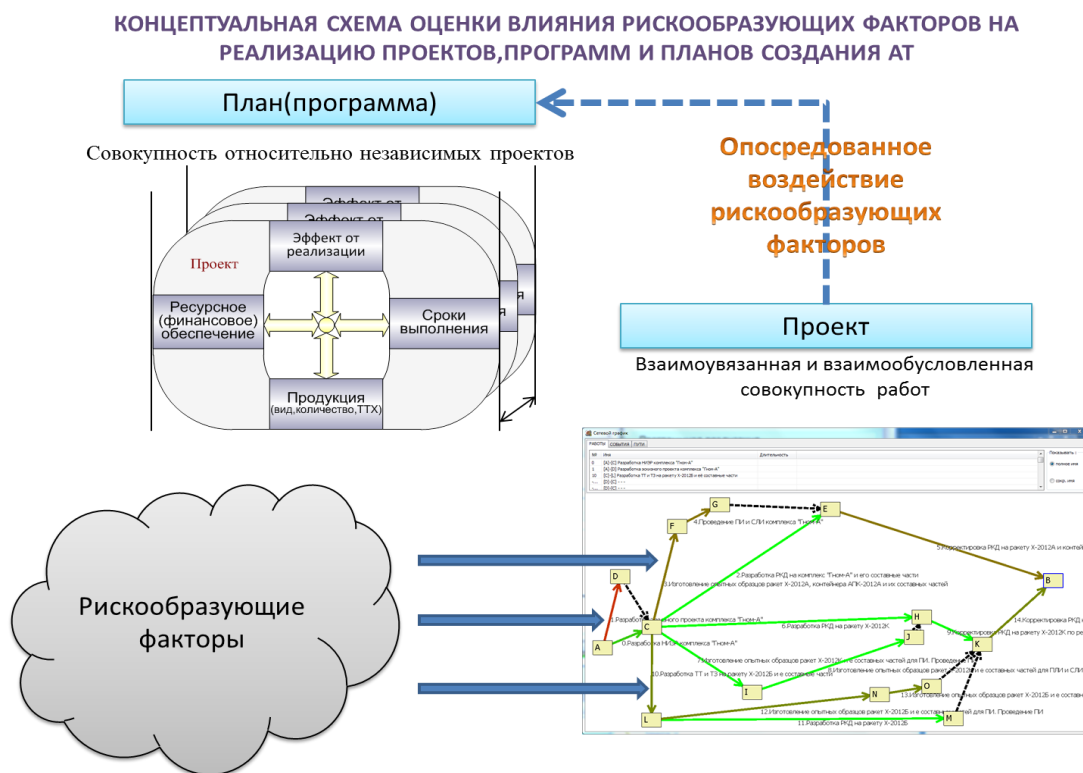


Рис. 3.

В рамках изложенной концепции для государственного заказчика риск – это срыв выполнения проектов, включенных в программу развития авиационной техники, и

недостижение вследствие этого запланированного эффекта от реализации программы, а показателями риска являются (см. рис. 4.):

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА



Рис. 4.

- вероятность срыва выполнения программы, в зависимости от конкретной ситуации принятия решения оцениваемая либо как наибольшее из значений вероятности срыва выполнения проектов в составе программы (гарантированная оценка), либо как среднее значение вероятности срыва выполнения проектов в составе программы с учетом важности проектов (оценка «в среднем»), либо как линейная свертка двух первых оценок (обобщенная оценка), либо каким-то иным образом;

- ущерб в связи со срывом выполнения проектов в составе программы, оцениваемый либо как степень недостижения запланированного эффекта от реализации программы, либо как финансовые потери – суммарные затраты на невыполнимые (чрезмерно рискованные)/ невыполненные проекты.

Для разработчиков и производителей авиационной техники имеет смысл говорить только о рисках реализации проектов создания образцов АТ и использовать в качестве показателей риска:

- вероятность срыва выполнения проекта;
- ущерб в связи со срывом выполнения проекта, оцениваемый либо как финансовые потери в связи с неполучением прибыли, выплатой неустойки и др., либо как снижение рейтинга предприятия-разработчика или предприятия-производителя АТ.

Таким образом, задача оценки рисков реализации программ и планов по развитию авиации и авиационной деятельности может быть сведена к задаче оценки рисков реализации отдельных проектов по созданию образцов АТ.

### **Рискообразующие факторы в сфере реализации программ и планов развития авиации**

На величину риска влияет большое число разнообразных факторов, характеризующих как особенности конкретных условий деятельности, так и специфические черты, опасности, неопределенности, возможности, в условиях которых эта деятельность осуществляется.

К числу рискообразующих факторов можно отнести:

- политические факторы риска - степень стабильности общественно-политического строя и связанное с нею постоянство нормативной и правовой базы, регламентирующей рассматриваемые виды деятельности; возможность кардинального пересмотра сложившихся отношений собственности; возникновение локальных конфликтов; противоречия в разграничении экономических прав, компетенции и ответственности между федеральными и региональными властями;
- финансово-экономические факторы риска – изменение бюджетных параметров, налоговых нормативов и/или процентных ставок по кредитам, дополнительная денежная эмиссия, новые правила ведения внешне-экономической деятельности, изменение правил валютного обращения;
- отраслевые факторы риска связаны со спецификой и уровнем развития отрасли, состоянием научно-технического, производственно-технологического, кадрового потенциала отрасли; наличием конкуренции (в том числе между отраслями) среди поставщиков исходных материалов и комплектующих, потребителей продукции, конкуренции, касающейся получения инвестиций, займов, кредитов, привлечения квалифицированных кадров и др.;
- факторы риска производственной деятельности – уровень технологической дисциплины, аварии, внеплановые остановки оборудования или прерывания технологического цикла, изменение параметров сырья или материалов, используемых в

технологическом цикле, сбои в работе служб, обеспечивающих бесперебойное функционирование производства, нарушение предприятиями-смежниками согласованных графиков поставок сырья, комплектующих и т.д., банкротство или самоликвидация предприятий-контрагентов;

- факторы риска управленческой деятельности распределяются в соответствии с принятой стратификацией решений: стратегические, тактические, оперативные решения, связаны с ошибочным выбором или неадекватной формулировкой целей и задач, неверной оценкой научно-технического, производственно–технологического, кадрового и других составляющих потенциала оборонно-промышленного комплекса, отрасли, предприятия; ошибочный прогноз развития внутренней и внешней среды реализации рассматриваемых видов деятельности в долгосрочной перспективе;

- природные факторы риска связаны с особенностью природно-климатических и погодных условий, выражаются в стабильности и предсказуемости девиаций природных условий и выработки мер по исключению их воздействия на конечные цели проекта/программы;

- социальные, экологические, личностные и другие факторы риска;

Все рискообразующие факторы целесообразно сгруппировать, как показано на рис. 5.

### **Риски, оказывающие наибольшее влияние на реализацию программ развития авиационной техники**

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что реализация программ и планов по развитию авиации и авиационной деятельности сопряжена со следующими основными видами риска: политический; финансово-экономический; научно-технический; производственно-технологический; организационный (управленческий); социальный; экологический и др.

Используя результаты анализа факторов риска в сфере реализации программ и планов развития авиации, из всей совокупности возможных видов риска, целесообразно рассматривать наиболее существенно влияющие на процесс реализации планов развития авиации. К таким видам риска можно отнести следующие:

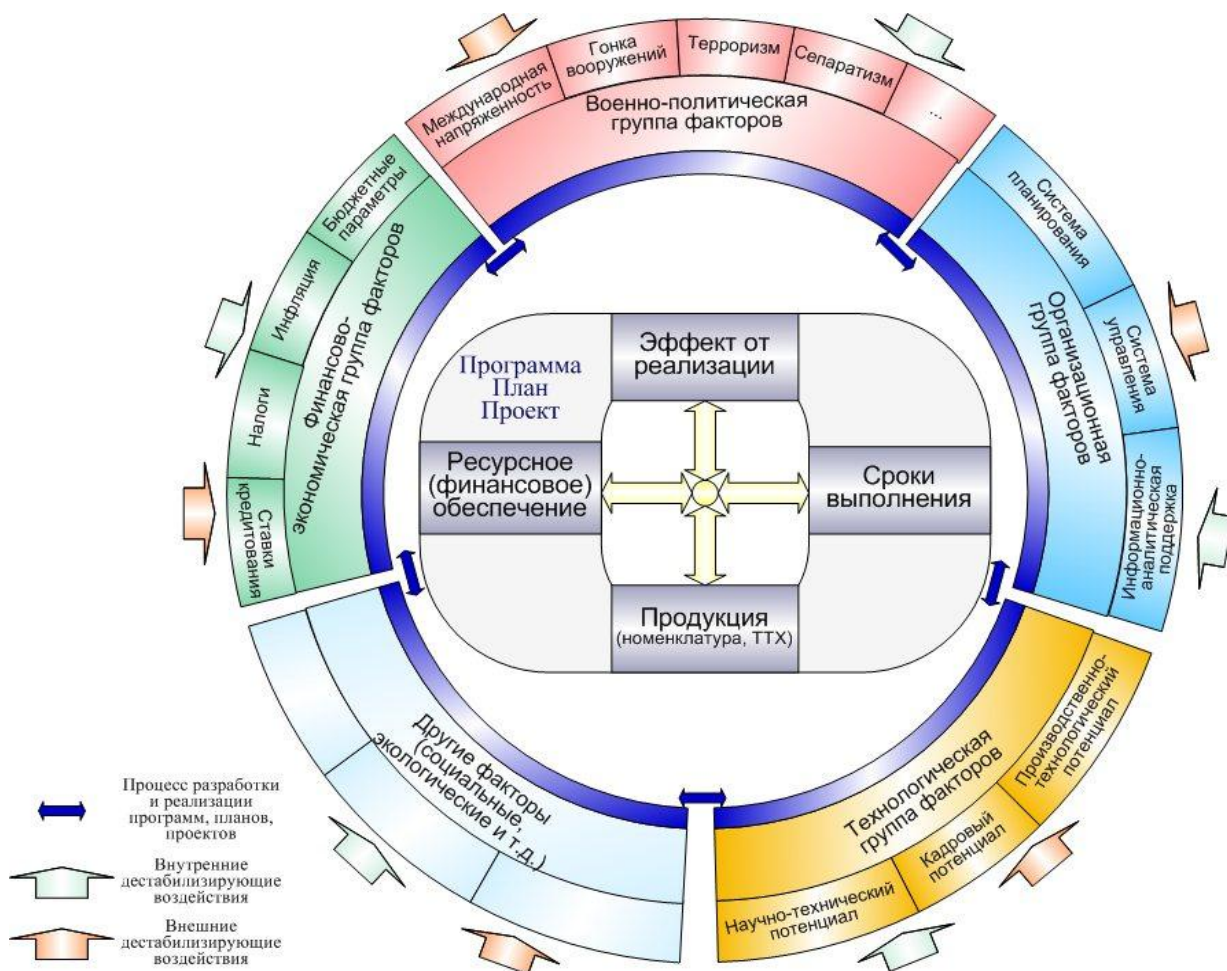


Рис. 5.

-*финансово-экономический риск*, обусловленный возможностью недостаточного финансирования разработок и закупок авиационной техники и превышения фактических затрат над запланированными;

-*научно-технический риск*, вызванный возможностью невыполнения организациями-разработчиками образцов авиационной техники тактико-технических требований, тактико-технических (технических) заданий на НИОКР и прекращения работ по научно-техническим причинам;

-*производственно-технологический риск*, обусловленный старением основных производственных фондов, утратой предприятиями технологий, отсутствием комплектующих изделий, оттоком квалифицированных кадров, а также невозможностью запуска в производство разработанного образца авиационной техники. (см. рис. 6.):



Рис.6.

Другие виды риска можно оценить опосредованно через обобщенные показатели указанных видов риска либо экспертно, выявив характер взаимосвязи и степень зависимости между ними.

Следует отметить, что наличие риска реализации плана еще не означает, что план (вариант плана) не реализуем вообще. Речь идет лишь о том, что при его реализации могут возникнуть неблагоприятные обстоятельства, которые не позволят выполнить план в первоначальном (полном) объеме. Заказчик, располагая такой оценкой, имеет возможность более обоснованно осуществить выбор варианта плана, предусмотреть меры по нейтрализации или по смягчению нежелательных проявлений тех или иных факторов риска в ходе выполнения принятого плана. С учетом принятых мер уровень риска может оказаться вполне допустимым для того, чтобы «рисковать» принять выработанное решение.

### **Управление рисками программ и планов развития авиационной техники**

Управление риском – процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение неблагоприятного влияния на результаты деятельности последствий, вызванных случайными событиями.

Любое решение по минимизации неблагоприятных последствий должно быть спланировано, т.е. обосновано с точки зрения целесообразности и возможных результатов. Его реализацию необходимо поддерживать организационно, т.к. решения в области управления риском важны не сами по себе, а в общем контексте управления видом деятельности. Исполнение решения представляет собой центральную функцию управленческого процесса, а анализ результатов еще более важен, чем для других областей управления, в силу случайности проявления неблагоприятного события.

В силу того, что перечисленные функции должны реализовываться последовательно и непрерывно их можно увязать в единый цикл, называемый циклом управления риском (см. рис. 7.).



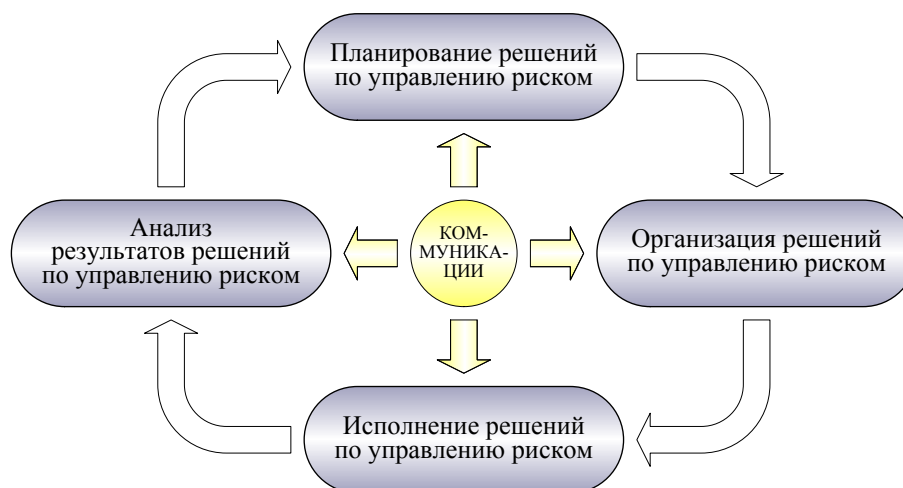


Рис. 7.

В связи с идеей цикла управления риском можно сказать, что оно (управление) не может рассматриваться как одномоментное решение или действие. В случае быстро изменяющихся условий функционирования исследуемой системы статическая точка зрения противоречила бы достижению целей системы. Другими словами, управление риском представляет собой динамический процесс. Это означает, что сбор данных и анализ рисков, а также выработка, осуществление и пересмотр решения о реализации тех или иных мероприятий по управлению риском должны происходить постоянно и быть частью общей процедуры управления рассматриваемым видом деятельности. При этом управление риском не должно концентрироваться только на одном типе рисков, а обязано рассматривать все возможные риски комплексно, с учетом их взаимосвязи.

Цель управления риском – снижение количества рисков и ущерба от их вероятной реализации за счет выполнения комплекса мероприятий по анализу и управлению рисками, а также отказа от отдельных видов риска

В настоящее время в основе практических мероприятий по управлению риском лежит концепция приемлемого риска, которая состоит в стремлении снижения риска до безопасного уровня. В качестве критериальных, в процессе управления рисками, используют их пороговые уровни, которые применительно к рассматриваемой проблемной среде считаются приемлемыми. Обычно целью процесса управления рисками является снижение рисков до приемлемого уровня. Вопрос о том, какой риск можно считать приемлемым и где проходит граница между приемлемым и неприемлемым риском является одним из самых сложных в теории и практике управления рисками.

Применяют, в частности, следующие критерии приемлемости:

$$1) \quad R \leq R_{\text{пр}},$$

где  $R = P \cdot \bar{Q}$  – вероятный ущерб за операцию (проект) или единичный интервал времени;

$R_{np}$  – приемлемое значение ущерба за операцию или единичный интервал времени;

$P$  – вероятность негативного события за операцию или единичный интервал времени;

$\bar{Q}$  – средний ущерб в случае реализации негативного события;

2)  $P \leq P_{np}$ ,

где  $P_{np}$  - приемлемое значение вероятности негативного события за операцию или единичный интервал времени по данной причине или совокупности причин;

### **Среда сетевого моделирования как инструмент оценки рисков реализации программ, планов, проектов развития авиационной техники**

В данной работе предлагается подход к оценке рисков реализации проектов создания АТ, основу которого составляет методология стохастического сетевого моделирования. Используя идеи, развиваемые в стохастическом сетевом моделировании, создается среда сетевого моделирования, в которую интегрируются существующие и разрабатываемые средства, расширяющие ее функциональные возможности. Такими средствами являются: когнитивные модели, средства моделирования, анализа и визуализации данных, представленных в виде графа или сети; основанные на экспертных заключениях и статистических данных методики оценки рисков в зависимости от сложности и новизны продукции; методики оценки эффективности функционирования и уровня доверия к предприятиям-разработчикам и производителям АТ и др. (см. рис. 8).

**КОМПЛЕКС СТОХАСТИЧЕСКИХ И КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ  
ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ АТ**



Рис. 8

Среда сетевого моделирования организуется таким образом, чтобы удовлетворить потребности в информации, связанной с рисками реализации проектов создания образцов АТ, как исследователей и разработчиков АТ, так и должностных лиц, ответственных за разработку и реализацию программ и планов в области авиации и авиационной деятельности (см. рис. 9.)

Ядром среды сетевого моделирования является комплекс оценки и оптимизации временных и стоимостных параметров сетевой модели проекта.

Состав и структура комплекса представлены на рис. 10.

Блок сетевых моделей, в котором определяются временные параметры работ и вероятность срыва проекта, включает:

- классическую сетевую модель, предназначенную для определения всех полных путей, критического пути и его длины, резервов времени работ и риска реализации проекта;

-стохастическую сетевую модель, предназначенную для определения длины критического пути и её дисперсии, напряженности работ и путей в целом, риска реализации проекта на основе аналитического подхода и метода статистических испытаний;

-расширенную стохастическую сетевую модель для оценки тех же параметров, что и в стохастической модели, но с учетом влияния распределения бюджета на длительности работ.

## ПОЛЬЗОВАТЕЛИ СРЕДЫ СЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



Рис. 9.



Рис. 10

Блок моделей распределения бюджета, в котором определяются или уточняются стоимостные параметры работ проекта, включает:

- модель оптимизации стоимостных параметров работ проекта, обеспечивающую такое распределение бюджета проекта, при котором риск реализации проекта минимален (надежность проекта максимальна);

- модели корректировки (на основе анализа пропорций) стоимостных параметров работ проекта, предназначенные для уточнения (в связи с изменением финансирования проекта) ранее запланированного распределения бюджета проекта по работам;

- экспресс модель, предназначенную для оценки изменения срока выполнения проекта при изменении уровня финансирования проекта без проведения перераспределения бюджета проекта по работам.

Входными данными для комплекса оценки и оптимизации временных и стоимостных параметров сетевой модели проекта в общем случае являются: директивный срок выполнения проекта; план работ по проекту; временные характеристики работ: оптимистические, пессимистические и ожидаемые оценки длительности выполнения работ; стоимостные характеристики выполнения работ: минимальные, максимальные и планируемые стоимости работ.

Предоставляемые комплексом функциональные возможности таковы, что в зависимости от располагаемых исходных данных и/или потребных выходных данных можно использовать либо классическую, либо стохастическую, либо расширенную сетевую модель. Причем последняя может использоваться как сама по себе, так и совместно с блоком моделей распределения бюджета.

На выходе комплекса в общем случае формируются: сетевой график выполнения проекта, ранние и поздние сроки событий, резервы времени, критический путь и его продолжительность, среднее значение времени реализации проекта, СКО времени реализации проекта, рациональное или скорректированное распределение бюджета и вероятность срыва проекта .

Вероятности срыва проекта  $P_{cp}$  для классической сетевой модели оценивается по формуле

$$P_{nd} = \begin{cases} 0, & \text{если } T_{nd} \leq T_{dir} \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $T_{dir}$  – директивный срок выполнения проекта;  $T_{кр}$  – длительность критического пути.

Вероятность срыва проекта в стохастической сетевой модели для аналитического метода оценивается по формуле

$$P_{cp} = 1 - P(T_{dir}) = 1 - P(T_{кр} < T_{dir}) = 1 - \frac{\Phi\left(\frac{T_{dir} - T_{кр}}{\sigma_{T_{кр}}}\right) - \Phi\left(\frac{-T_{кр}}{\sigma_{T_{кр}}}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{-T_{кр}}{\sigma_{T_{кр}}}\right)},$$

где  $\sigma_{T_{кр}}$  - дисперсия критического пути;  $\Phi(t)$  - функция Лапласа.

Вероятность срыва проекта при реализации метода статистических испытаний определяется на основе оценки числа попаданий длительности критического пути в директивный срок выполнения проекта для заданного (потребного) числа испытаний.

Задавшись некоторым распределением  $\{c_i\}$  бюджета по работам проекта и используя расширенную стохастическую модель, можно определить соответствующие временные параметры работ  $\{t_i = t_i(c_i)\}$  и перейти к определению вероятности срыва проекта согласно алгоритмам стохастической сетевой модели.

Рациональное распределение бюджета проекта по работам осуществляется исходя из требования максимизации надежности проекта, т.е. в соответствии с правилом

$$(c_1^*, \dots, c_m^*) = \arg \max_{\{(c_1^*, \dots, c_m^*)\}} \Pr(T_{кр}(c_1, \dots, c_m) \leq T_{доп}),$$

$$T_{кр}(c_1, \dots, c_m) = \sum_{j=1}^m t_j(c_j); \text{ при условии где } t_j \in path_{кр}, path_{кр} \in path$$

$$\sum_{i=1}^m c_i = C; t_{\min i} \leq t_i \leq t_{\max i}; c_{\min i} \leq c_i \leq c_{\max i};$$

где  $path$  - множество всех возможных путей;  $path_{кр}$  - критический путь;

$C$  – бюджет проекта.

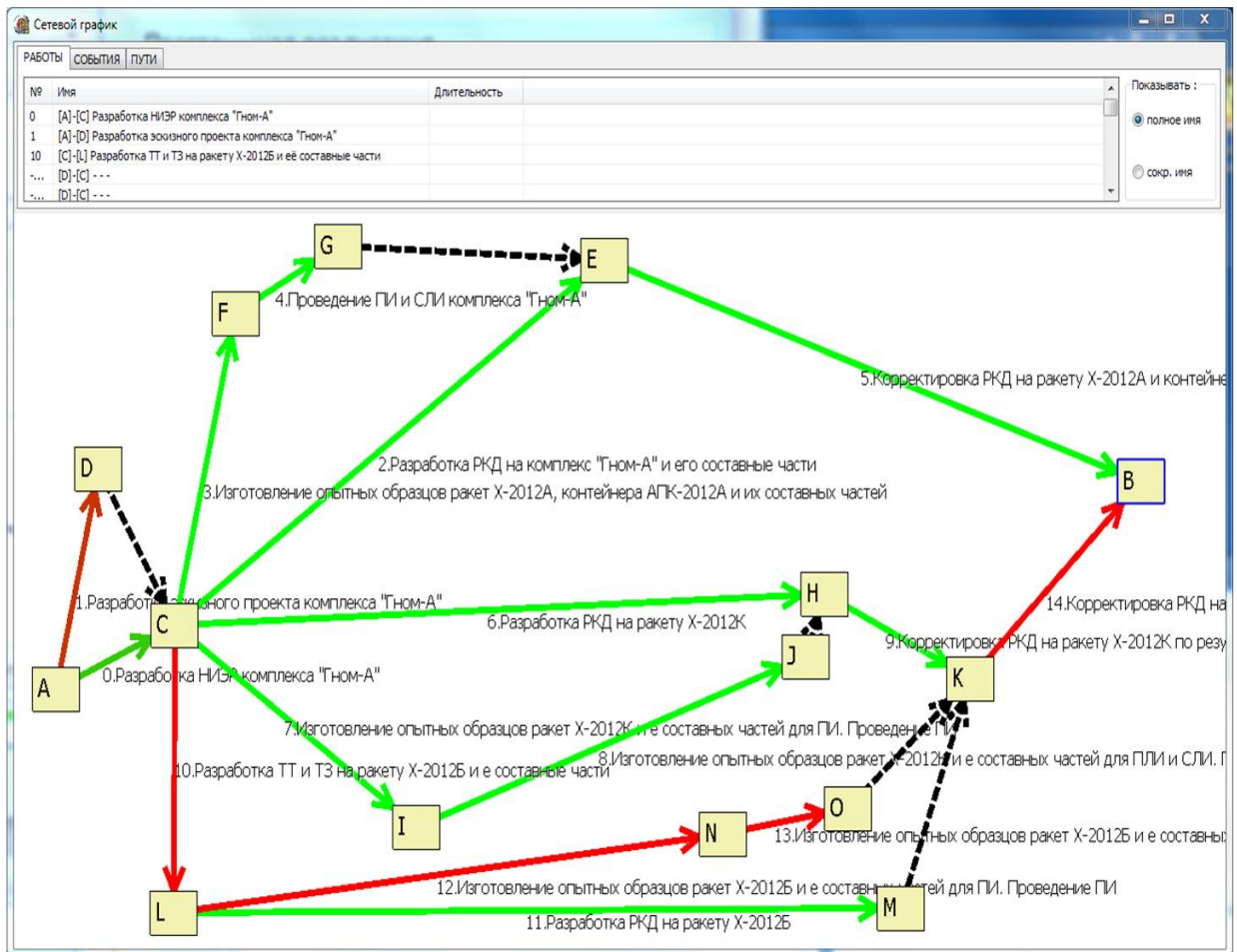
### Модельные эксперименты

На рис. 11 показана сетевая модель проекта, на примере которого проводилось исследование работоспособности созданного программного обеспечения пилотного проекта комплекса оценки и оптимизации временных и стоимостных параметров сетевой модели проекта.

На рис. 12 показано, как изменяются для аналитического метода и метода статистических испытаний значения основных временных параметров сетевой модели проекта (рис. 12а) и вероятности срыва проекта (рис. 12б) при смещении диапазона длительностей работ вправо. Как видно из приведенных зависимостей, аналитический метод дает результаты, близкие к результатам, полученным методом статистических испытаний.

На рис. 13 показано, как изменяются значения основных временных параметров проекта (рис. 13а) и вероятности срыва проекта (рис. 13б) при изменении бюджета проекта. Как видно из приведенных зависимостей, исчерпание ресурсов может приводить к скачкообразным изменениям длительности критического пути  $T_{\text{ед}}$  и вероятности срыва  $P_{\text{нд}}$ .

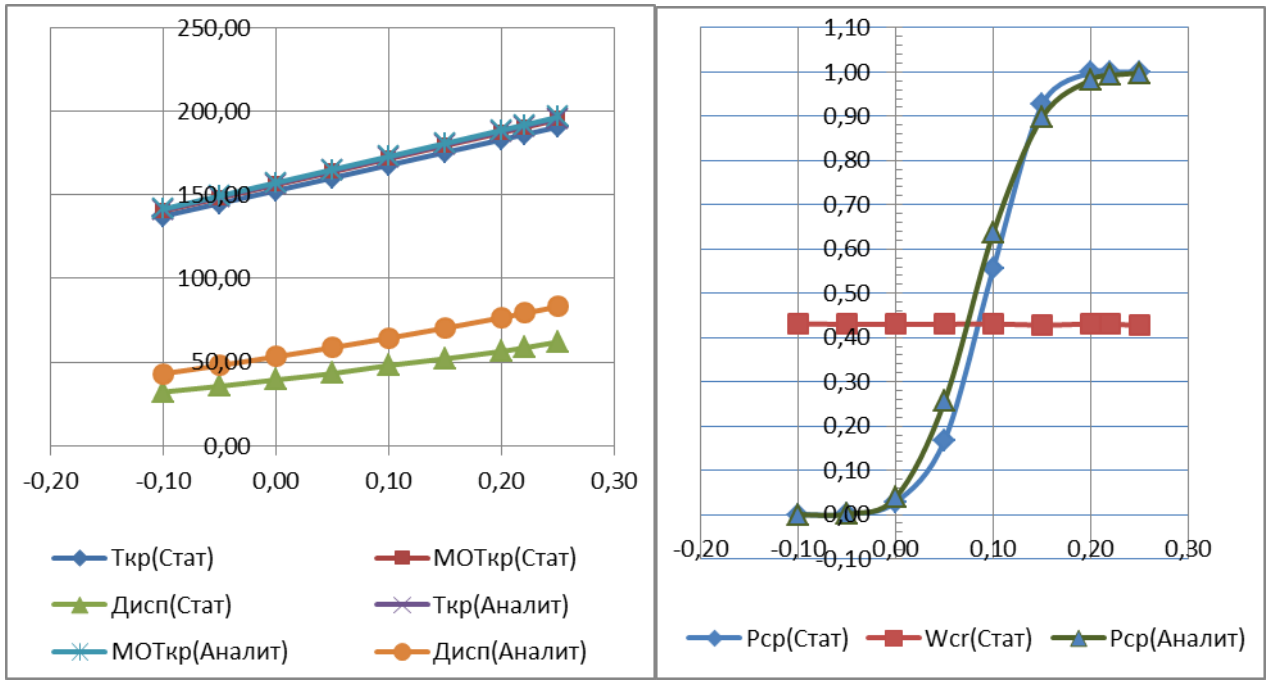
# Программная реализация пилотного проекта



\*Наименования изделий условные

Рис. 11.

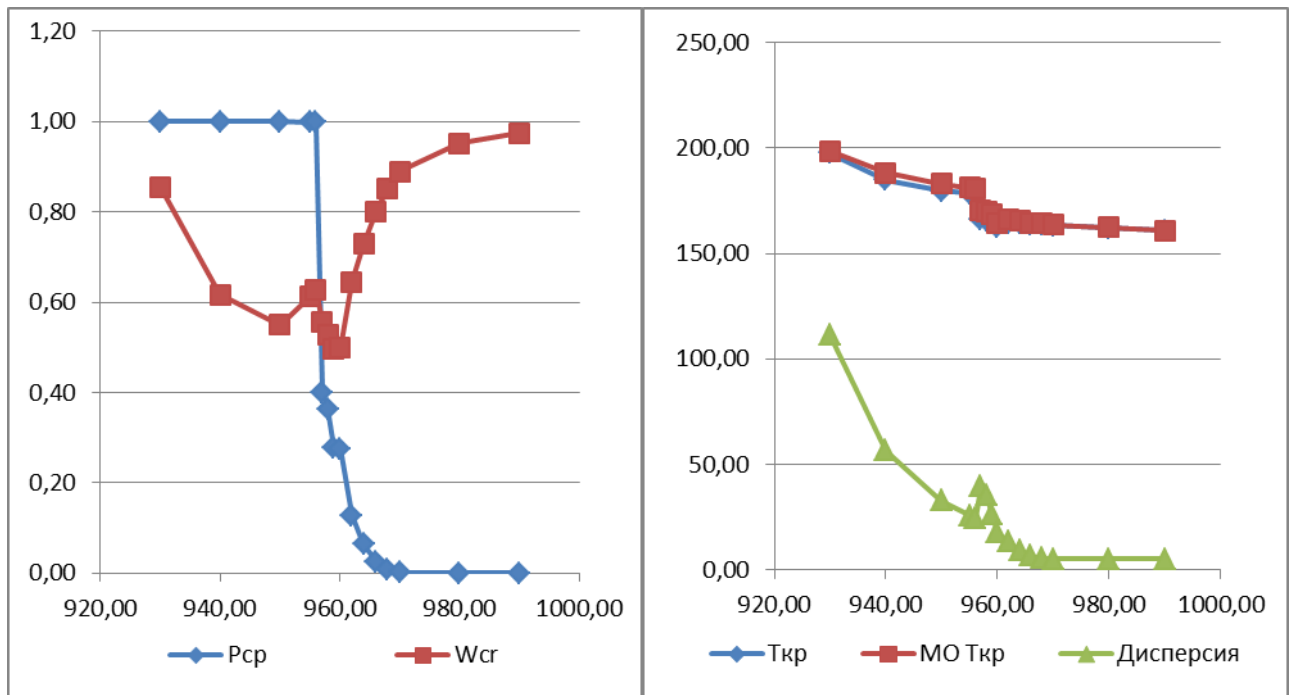




а)

б)

Рис. 12.



а)

б)

Рис. 13.

## **Выводы**

1. Случайный механизм действия основных определяющих факторов (военно-политических, финансово-экономических, научно-технических, производственно-технологических и др.) сказывается непосредственно только на параметрах (временных, стоимостных и др.) работ, взаимоувязанная и взаимообусловленная совокупность которых собственно и обеспечивает создание продукции (образца АТ), т.е. реализацию проекта.

Программа или план представляет собой совокупность относительно независимых (не взаимообусловленных) проектов создания образцов АТ. Отсюда следует, что регулярные методы оценки рисков должны быть распространены только на проекты. Для программ риски оцениваются на основании известных показателей рисков для проектов, входящих в состав программы.

2. Для оценки рисков реализации проектов в качестве базовой была выбрана методология стохастического сетевого моделирования. Данный инструментарий исследований на сегодняшний день является наиболее проработанным концептуально и математически. Используя идеи, развиваемые в стохастическом сетевом моделировании, была предложена концепция среды сетевого моделирования, в которую интегрируются существующие и разрабатываемые средства, расширяющие ее функциональные возможности, а также обеспечивается замещение абстрактных параметров стохастической модели математическими моделями объектов и процессов (модель предприятия, модель оценки сложности изделия, и др.).

3. На основе представленных в работе концептуальных положений был разработан и программно реализован пилотный проект комплекса оценки и оптимизации временных и стоимостных параметров сетевой модели проекта как ядра среды сетевого моделирования. Работоспособность пилотного проекта апробирована на реальном проекте создания перспективной техники.

## **Библиографический список**

1. Аношко А.В., Дзема Ю.М., Петренко С.Г., Методические основы оценки промышленной реализуемости программ создания перспективных образцов авиационной техники и вооружения. - Военная мысль №1 2009
2. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. - М., Издательский дом «Граница», 2007

3.Вентцель Е.С., Введение в исследование операций. - М., издательство «Советское радио», 1964

4.Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н, Общая теория риска. - М., Издательский центр «Академия», 2008

5.Голенко-Гинзбург Д.И., Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками. – Воронеж: «Научная книга», 2010

Сведения об авторах

Жеребин Александр Михайлович, профессор, заместитель генерального директора ГНЦ РФ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», д.т.н.,тел.: (499)157-53-81, e-mail: zham@gosniias.ru

Кропова Валентина Владимировна, начальник лаборатории ГНЦ РФ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», к.т.н, тел.: ( 499)157-94-62, e-mail: VVKropova@mail.ru

Русак Максим Александрович, инженер 2ой категории ГНЦ РФ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», тел.: (499)157-94-66, e-mail: spmспmспm@mail.ru