Подольский А.Г., доктор экономических наук, старший научный сотрудник
Косенко А.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Методические подходы к снижению рисков, сопутствующих реализации мероприятий по созданию продукции военного назначения[1]

В статье изложены основные меры организационно-технического характера, противодействующие наступлению неблагоприятных событий, связанных с увеличением запланированной продолжительности и стоимости выполнения мероприятий по созданию продукции военного назначения.

Теории риска в последние годы уделяется значительное внимание в отечественной научной литературе [1, 2, 3 и др.]. В основном эти публикации предназначены для студентов и аспирантов высших учебных заведений, слушателей бизнес-школ, а также специалистов торговых, банковских и финансовых структур, работников пенсионных, страховых и инвестиционных фондов. Излагаемая в них теоретическая база анализа и оценки рисков ориентирована, главным образом, на гражданский сектор экономики.

Однако активно развивается и военно-экономическое направление теории риска [4, 5, 6, 7, 8]. К настоящему моменту времени сложилась стройная система базовых понятий и определений в этой области, которые учитывают специфику военного сектора экономики и, в частности, формирования планов развития продукции военного назначения (ПВН). Тем не менее, следует отметить, что исследованию проблем управления рисками и их снижения, по нашему мнению, уделяется недостаточное внимание. Так, требуют более глубокой проработки вопросы развития теоретической и методической базы комплексного управления рисками и их снижения при формировании и реализации планов развития ПВН.

В ходе выполнения программных мероприятий в рамках государственного оборонного заказа (ГОЗ) решается множество сложных научно-технических и производственно-технологических задач, а также задач, связанных с финансовым обеспечением разработки, изготовления опытных образцов продукции военного назначения и проведением большого объема разнообразных испытаний. Как показывает практика, создание (разработка, производство) перспективных образцов ПВН может сопровождаться отклонениями от запланированных (прогнозных) объемов финансирования и сроков выполнения программных мероприятий (заданий ГОЗ).

В условиях, когда бюджетные средства ограничены и жестко привязаны как ко времени, так и к запланированным мероприятиям, указанные негативные последствия отрицательно сказываются на реализуемости планов развития ПВН, приводя либо к переносу сроков выполнения мероприятий, либо к сокращению объемов поставок образцов и/или их номенклатуры. Поэтому важно выполнить мероприятие, не превысив запланированные (прогнозные) сроки и объемы финансирования.

В общем случае мероприятие может быть выполнено в соответствии с плановым доку-

1 Статья подготовлена в соответствии с грантом Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-3850.2012.10.

ментом или с превышением установленных в нем стоимостных и временных показателей. Поэтому для формализации процесса оценки рисков, сопутствующих формированию и реализации планов создания ПВН, и выработки рекомендаций по их снижению важно дать четкое определение того, что понимать под реализацией мероприятия в соответствии с плановым документом.

Будем считать, что мероприятие выполнено, если на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) создана запланированная (определенная контрактом) продукция не позднее запланированного (определенного в контракте) срока и без превышения запланированного (определенного условиями контракта) объема финансирования.

Следует отметить, что в приведенном определении, во-первых, допускается сокращение запланированного времени выполнения контракта, если в этом заинтересованы заказчик и исполнитель. Во-вторых, финансирование мероприятия в зависимости от условий контракта и модели цены может быть либо жестко ограничено («твердая фиксированная» цена), либо допускать повышение начальной (базовой) цены, например, при улучшении качества продукции или в связи со значительным превышением прогнозного уровня инфляции, определенного Минэкономразвития России (корректируемая цена или цена с поощрением), но не выше максимально допустимого уровня.

Невыполнение мероприятия может быть обусловлено сложностью и новизной планируемых работ, несвоевременным исполнением контрактных обязательств субподрядчиками, погрешностями прогнозирования стоимостных и временных показателей, зависящих от экономических, научно-технических, производственно-технологических, политических и других факторов риска, которые невозможно достоверно учесть при прогнозировании на длительный срок. Это делает необходимым рассмотрение стоимостных и временных показателей мероприятий как вероятностных.

Под факторами риска понимаются такие события, которые могут негативно повлиять на выполнение мероприятий, приводя к превышению запланированных (установленных в контракте) сроков выполнения и объемов финансирования, установленных в государственной программе вооружения (государственном оборонном заказе).

Факторы риска могут носить внешний и внутренний характер. Так, в качестве внешнего фактора риска может рассматриваться резкое удорожание комплектующих, сырья и материалов, а в качестве внутреннего – недостаточный уровень развития научно-технической и производственно-технологической базы, кадрового потенциала головного предприятия и/или его субподрядчиков.

В процессе формирования плановых документов факторы риска либо могут быть выявлены и учтены, либо нет. От полноты учета основных факторов риска в существенной степени зависит эффективность использования финансовых ресурсов и реализуемость плановых документов.

Неточность и неполнота информации, используемой для определения стоимостных и временных показателей, приводит к возникновению ситуации неопределенности и риска.

Под «ситуацией» будем понимать совокупность условий различного характера (экономических, нормативно-правовых, технических, технологических, политических, природных, экологических и др.), в которых реализуются мероприятия.

Обусловленная этим возможность отклонения фактических значений стоимостных, временных и объемных показателей от плановых (прогнозных) делает актуальным оценку его величины и вероятности. Отказ от этой оценки и учета ее при формировании и реализации плановых документов может привести к необходимости выделения дополнительных, по сравнению с планом, финансовых

ресурсов и увеличения продолжительности выполнения мероприятия.

Исходя из этого, в дальнейшем в качестве неблагоприятных для выполнимости мероприятия рассматриваются события:

а) превышение запланированного объема финансирования мероприятия;

б) превышение запланированной продолжительности мероприятия.

Рассмотрим сущность снижения неопределенности и риска при формировании и реализации мероприятий.

Неопределенность, связанная с формированием и реализацией планов развития ПВН, – это ситуация, в которой отсутствует полная и достоверная информация о среде, в которой будет реализовываться или реализуется мероприятие, а также о стоимостных и временных показателях образца ПВН, создаваемого в рамках этого мероприятия.

В ситуации неопределенности решения, принимаемые руководителем (специалистом), носят субъективный характер и в существенной степени зависят от его опыта и квалификации. Указанным оценкам присущи так называемые «ошибки (погрешности) восприятия» [1], к которым относятся:

1. Ошибки, обусловленные неточностью информации, имеющейся на момент выработки решения, которая, как правило, рассматривается как достоверная и в связи с этим не предпринимаются усилия (или предпринимаются незначительные усилия) для ее верификации и получения дополнительных данных (особенно в условиях дефицита времени).

2. Ошибки, вызванные приданием большего веса оценкам, которые подтверждают гипотезу лица, принимающего решение, по сравнению с оценками, базирующимися на альтернативных гипотезах.

В ситуации неопределенности, несмотря на то, что возможные результаты того или иного решения известны, вероятности их наступления определить не представляется возможным, что значительно затрудняет выработку рекомендаций по снижению рисков.

Для повышения обоснованности принимаемых решений по снижению риска необходимо стремиться к уменьшению неопределенности путем сведения ее к условиям риска. Неопределенность может быть уменьшена, во-первых, путем получения новой информации о параметрах среды, в которой будет реализовываться мероприятие, о характеристиках образца и его подсистем, а также о стоимостных и временных показателях реализации аналогичных (типовых) отечественных и зарубежных мероприятий (работ). Во-вторых, путем совершенствования механизма сбора и обработки ретроспективной и текущей информации, а также повышения уровня квалификации лица, осуществляющего указанные процессы. В-третьих, путем формирования интервалов возможных значений стоимостных и временных показателей, их последующего сужения и установления законов распределения.

Ситуация риска характеризуется тем, что лицо, принимающее решение, может сформировать как совокупность возможных результатов реализации предложений по снижению рисков, так и оценить вероятности наступления неблагоприятных событий.

Применительно к процессу планирования и реализации мероприятия под *риском* понимается неопределенность, связанная с возможностью возникновения при реализации мероприятия различных негативных результатов, вероятности которых известны или могут быть определены [9].

Иными словами, если в условиях неопределенности существует возможность оценить вероятности наступления альтернативных результатов, которые могут носить характер «ущерба», то имеет место ситуация риска.

Так как одними из основных параметров плановых документов, определяющих перспективы развития ПВН, выступают стоимостные и временные показатели, то в дальнейшем под «ущербом» будем понимать превы-

шение запланированных значений стоимостных и/или временных показателей реализации мероприятия. Для его характеристики используются финансовые и технологические риски, под которыми будем понимать:

финансовый риск – событие, состоящее в возможности превышения запланированного (прогнозного) объема его финансирования, то есть возникновения дефицита финансовых ресурсов;

технологический риск – событие, состоящее в возможности превышения запланированной (прогнозной) продолжительности выполнения мероприятия, то есть возникновения дефицита времени.

Направления снижения риска, связанные с реализацией инвестиционных проектов, рассмотрены в работах [1, 2, 6, 7, 14 и др.]. Практика формирования и реализации планов развития ПВН показала целесообразность дополнения изложенных в указанных работах подходов к снижению рисков новыми, что позволит повысить обоснованность принимаемых решений и эффективность расходования финансовых ресурсов.

Предлагаемые в статье меры, противодействующие наступлению неблагоприятных событий, связанных с увеличением запланированной продолжительности и стоимости мероприятия, могут быть разбиты на две группы. Первую группу образуют меры организационно-технического характера [6]:

1. Формирование альтернативных вариантов создания образцов ПВН, обеспечивающих достижение требуемого эффекта.

2. Прогнозирование рисковых ситуаций, которые могут возникнуть при создании ПВН, и их заблаговременное парирование.

3. Поэтапное повышение уровня технического совершенства его подсистем (агрегатов, узлов) при совершенствовании образца ПВН.

4. Конкурентная разработка перспективных образцов ПВН.

Суть этих мер изложена далее.

Во второй группе объединены меры, носящие финансово-экономический характер:

1. Увеличение планируемых объема финансовых ресурсов на реализацию мероприятия и его продолжительности.

2. Создание резервного фонда в интересах выполнения мероприятия (мероприятий) и страхование.

3. Заинтересованность предприятий ОПК в сокращении издержек на реализацию заказа.

4. Совершенствование методического и информационного обеспечения определения (прогнозирования) стоимости и продолжительности мероприятий.

5. Контроль процесса расходования финансовых ресурсов и продолжительности выполнения этапов работ, комплексный анализ финансовых и технологических рисков, связанных с реализацией мероприятия.

Эти меры рассмотрены в статье, которая будет опубликована в одном из ближайших номеров журнала.

Организационно-технические меры противодействия неблагоприятным событиям, сопутствующим реализации мероприятий по созданию продукции военного назначения

Среди мер, противодействующих наступлению неблагоприятных событий при выполнении запланированных мероприятий, важное значение для обеспечения их реализации имеют меры организационно-технического характера, суть которых раскрыта далее.

Формирование альтернативных вариантов создания образцов ПВН, обеспечивающих достижение требуемого эффекта.

Важность практической реализации указанной меры по снижению риска обусловлена тем, что альтернативные варианты достижения заданного эффекта могут отличаться используемыми при создании ПВН конструктивно-планировочными решениями, принципами функционирования и новизной входящих в образец подсистем, а также их характеристиками. Это, в свою очередь, может привести к различной продолжительности и стоимости альтернативных вариантов создания

образца ПВН, отличающихся финансовыми и технологическими рисками.

Предположим, что имеется несколько альтернативных вариантов создания образца ПВН, обеспечивающего достижение заданного эффекта, стоимость и продолжительность которых не превышает максимально допустимых для заказчика значений. На рисунке 1 представлены плотности распределения трех альтернативных вариантов создания образца ПВН, отличающиеся характеристиками, выражаемыми векторами X_1, X_2 и X_3. Тогда, в общем случае, будут отличаться соответствующие им стоимости реализации альтернативных мероприятий, в качестве оценок которых могут рассматриваться их математические ожидания: $\hat{C}_1(t_P, X_1)$, $\hat{C}_2(t_P, X_2)$ и $\hat{C}_3(t_P, X_3)$. Наличие альтернативных вариантов создания образца ПВН позволяет среди них выбрать такой, который, с одной стороны, обладает минимальной ожидаемой стоимостью реализации соответствующего мероприятия, а с другой – минимальным финансовым риском. Из рисунка 1 видно, что минимальной стоимостью создания образца ПВН обладает первый вариант, а максимальной – третий вариант, то есть выполняется неравенство:

$$\hat{C}_1(t_P, X_1) < \hat{C}_2(t_P, X_2) < \hat{C}_3(t_P, X_3).$$

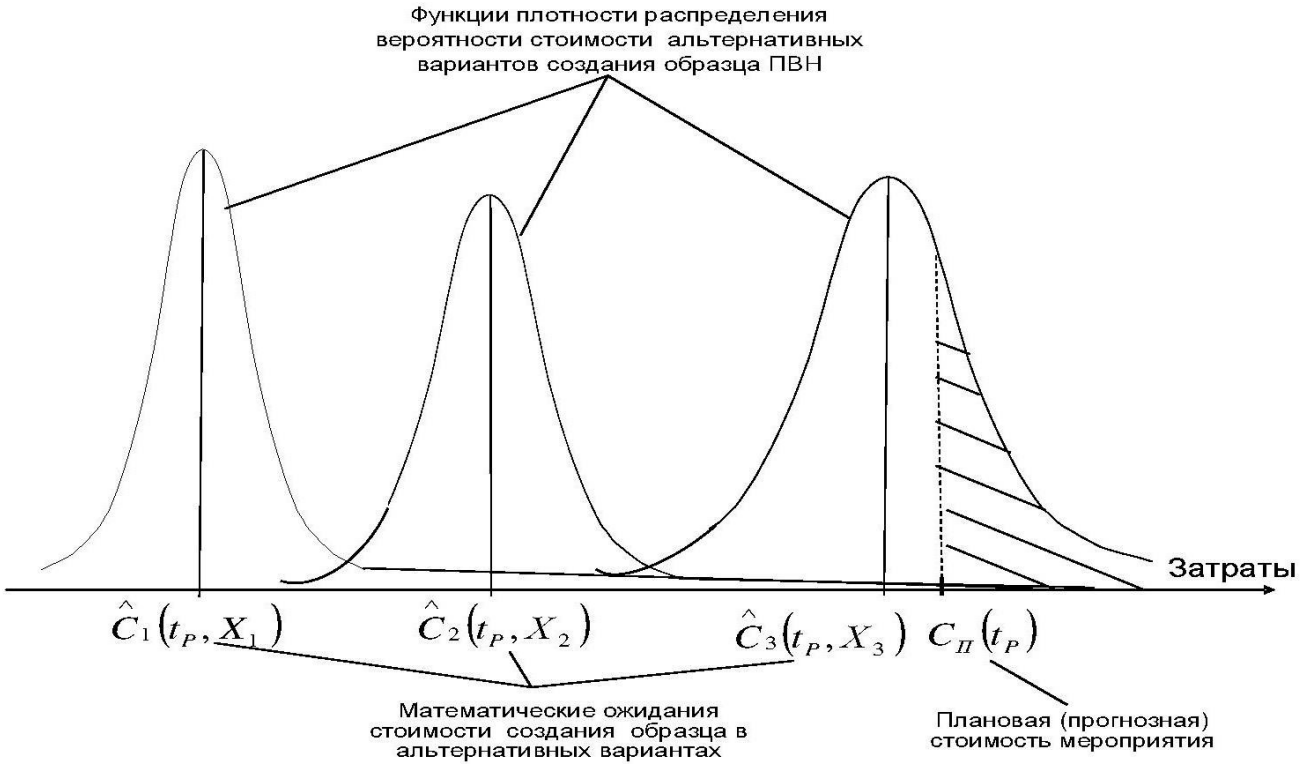

Рисунок 1 – Стоимости альтернативных вариантов создания образца ПВН

Пусть плановая (прогнозная) стоимость создания образца ПВН составляет $C_П(t_P)$. Тогда из рисунка 1 видно, что вероятность того, что фактическая стоимость создания образца ПВН превысит плановую, является наименьшей для первого варианта и максимальной для третьего варианта, то есть выполняется неравенство:

$$P\left(C_{Ф1}(t_P) > C_П(t_P)\right) < P\left(C_{Ф2}(t_P) > C_П(t_P)\right) < P\left(C_{Ф3}(t_P) > C_П(t_P)\right), \quad (1)$$

где: $C_{Ф1}(t_P)$, $C_{Ф2}(t_P)$, $C_{Ф3}(t_P)$ – фактические затраты заказчика на создание образца в первом, втором и третьем вариантах, соответственно.

Так как финансовые риски для каждого из трех вариантов создания образца ПВН определяются по формулам:

$$P_{ф1}=P\left(C_{ф1}(t_Р)>C_{П}(t_Р)\right),$$
$$P_{ф2}=P\left(C_{ф2}(t_Р)>C_{П}(t_Р)\right),$$
$$P_{ф3}=P\left(C_{ф3}(t_Р)>C_{П}(t_Р)\right),$$

то неравенство (1) принимает вид:

$$P_{ф1}<P_{ф2}<P_{ф3}.$$

Таким образом, рассмотрение альтернативных вариантов создания образца ПВН позволяет их ранжировать по стоимости и финансовому риску, способствуя обоснованному выбору варианта, обладающего наименьшей стоимостью и финансовым риском.

Однако делать окончательный вывод о предпочтительности первого из трех рассматриваемых вариантов создания образца ПВН преждевременно, так как согласно данному выше определению «реализуемости мероприятия» помимо непревышения запланированного (прогнозного, установленного контрактом) уровня расходов необходимо непревышение плановой (прогнозной, установленной контрактом) его продолжительности.

Взаимное расположение функций плотности распределения продолжительности альтернативных вариантов создания образца ПВН может отличаться от взаимного расположения функций плотности распределения их стоимости. Это связано с тем, что с возрастанием стоимости мероприятия, как правило, увеличивается продолжительность его выполнения.

Обозначим через $T_П$ плановую (прогнозную) продолжительность выполнения мероприятия. На рисунке 2 представлены функции плотности распределения продолжительности трех вариантов создания образца ПВН, соответствующих рассмотренным выше вариантам (см. рисунок 1), для случая, когда большей стоимости мероприятия соответствует большая его продолжительность.

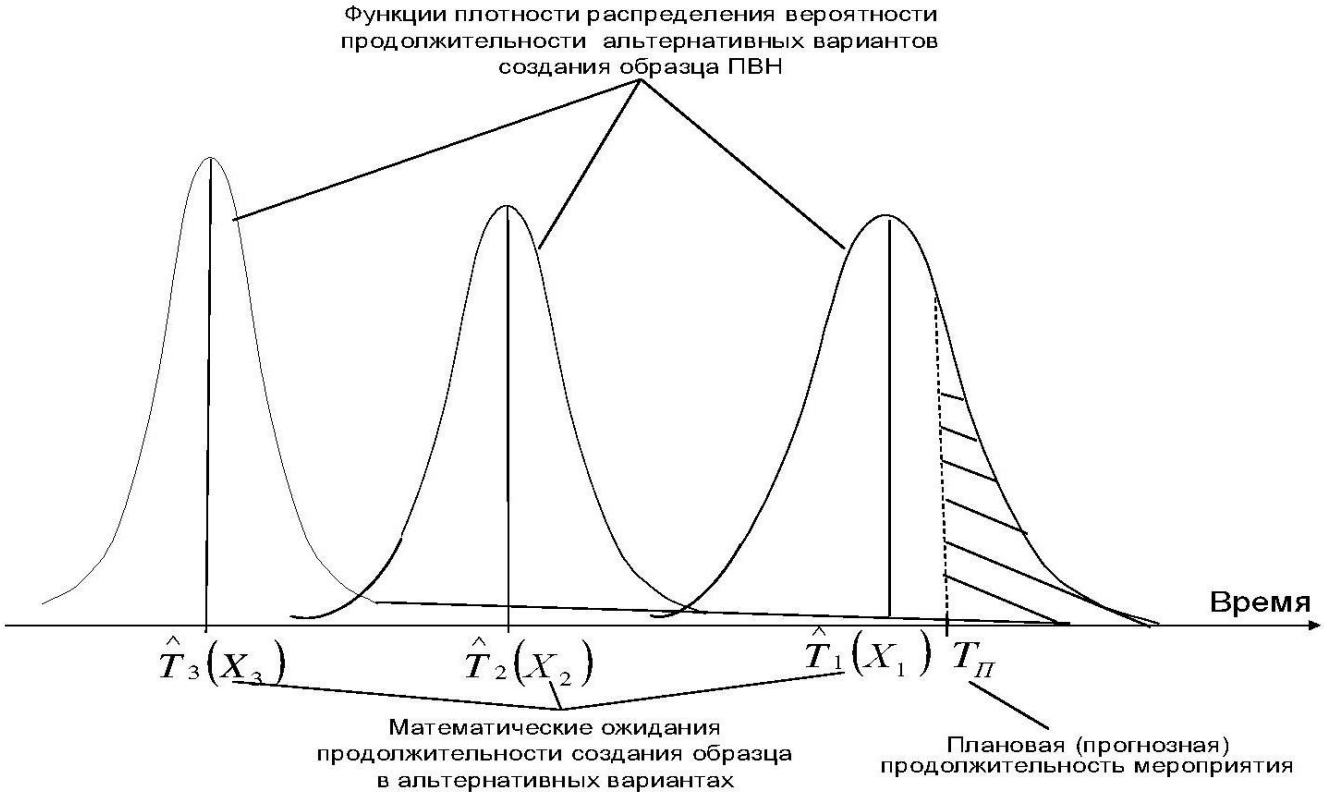

Рисунок 2 – Продолжительность реализации альтернативных вариантов создания образца ПВН

Из рисунка 2 видно, что максимальным технологическим риском обладает первый вариант создания образца ПВН, а минимальным – третий, то есть имеет место неравенство:

$$P(T_{Ф3}>T_{П})<P(T_{Ф2}>T_{П})<P(T_{Ф1}>T_{П}) \quad (2)$$

где: $T_{Ф1}$, $T_{Ф2}$, $T_{Ф3}$ – фактические сроки создания образца ПВН в первом, втором и третьем вариантах, соответственно.

Для характеристики технологических рисков введем обозначения:

$$P_{T1}=P\left(T_{Ф1}>T_{П}\right),,$$
$$P_{T2}=P\left(T_{Ф2}>T_{П}\right),$$
$$P_{T3}=P\left(T_{Ф3}>T_{П}\right).$$

Тогда неравенство (2) записывается в виде:

$$P_{T1}<P_{T2}<P_{T3}.$$

Сопоставление финансовых и технологических рисков альтернативных вариантов создания образца ПВН позволяет сделать вывод, что без комплексного их рассмотрения невозможно осуществить обоснованный выбор варианта создания образца ПВН.

В связи с этим предлагается использовать такой показатель, как комплексный риск, учитывающий финансовые и технологические риски, связанные с реализацией различных вариантов создания образца ПВН, и определяемый по формуле:

$$P_{ФTi}=P_{Фi}P_{Ti}, \quad (3)$$

где: $P_{Фi}$, P_{Ti} – соответственно, финансовый и технологический риски, связанные с созданием образца ПВН в *i*-м варианте.

При этом может сложиться ситуация, когда $P_{ФTi}\approx 0$, несмотря на то, что один из входящих в формулу (3) показателей близок к единице. В связи с этим при сопоставлении различных вариантов создания ПВН наряду с выражением (3) необходимо использовать систему неравенств, которая, по существу, представляет собой требования заказчика к реализуемости мероприятия:

$$P_{Фi}<P^{0}_{Ф}, \quad P_{Ti}<P^{0}_{T},$$

где: $P^{0}_{Ф}$, P^{0}_{T} – уровни финансового и технологического рисков соответственно, превышение которых для заказчика является неприемлемым.

Таким образом, снижение рисков реализации мероприятия может быть достигнуто путем выбора из совокупности альтернативных вариантов создания образцов ПВН варианта i^{*}, удовлетворяющего условию:

$$P^{*}_{ФTi}=min_{i}\left\{P_{Фi}P_{Ti}\right\}, \quad P_{Фi}<P^{0}_{Ф}, \quad P_{Ti}<P^{0}_{T}.$$

В качестве альтернативных могут выступать образцы, предлагаемые к созданию конкурирующими фирмами или предлагаемые одной фирмой – монополистом.

Прогнозирование рисковых ситуаций, которые могут возникнуть при создании ПВН, и их заблаговременное парирование

Динамика развития ПВН характеризуется ее постоянным усложнением. Особенно это касается таких систем вооружения, как ракетные, авиационные, космические и морские комплексы, при создании которых организации ОПК сталкиваются со значительными трудностями научно-технического и производственно-технологического характера, что приводит, в ряде случаев, к возрастанию (по сравнению с планом) сроков выполнения мероприятий и потребного финансирования.

Это обусловлено, во-первых, тем, что при создании ПВН используются самые передовые достижения науки и техники, иногда не прошедшие полную апробацию на практике, а также новейшие технологии, носящие зачастую уникальный характер. Во-вторых, недостаточным уровнем развития научно-технической и производственно-технологической базы организаций ОПК на момент создания образца.

Для разработки образцов ПВН, представляющих собой, как правило, сложные технические системы, необходимы, во-первых, научная и инженерная школы, специалисты которых должны иметь опыт в соответствующей предметной области, а во-вторых – современная лабораторная и экспериментальная базы. Для производства опытного и серийного образцов ПВН необходимо наличие технических специалистов, а также инновационных технологий и современного оборудования.

Так как создание образца возможно только тогда, когда будут созданы все входящие в

него подсистемы с требуемыми характеристиками, то задержка в создании даже одной подсистемы может привести в увеличению срока создания образца в целом и необходимости расходования дополнительных (относительно запланированного объема финансирования) бюджетных средств.

Для снижения риска превышения запланированного срока создания образца ПВН целесообразно перед принятием решения о его включении в плановый документ провести анализ возможных технологических рисков, который, как правило, основан на декомпозиции образца на подсистемы и оценке технологических рисков, связанных с их созданием. Это позволит выявить возможные проблемные работы и при превышении приемлемого для заказчика уровня технологического риска, связанного с созданием подсистемы выработать комплекс мер, практическая реализация которых позволит его снизить до приемлемого значения.

При создании каждой подсистемы образца ПВН используются три составляющие научно-технической и производственно-технологической базы (НТПТБ): интеллектуальная, техническая и технологическая.

Интеллектуальная составляющая представляет собой совокупность специалистов в соответствующей предметной области, участвующих в создании подсистемы, техническая составляющая – совокупность оборудования, необходимого для производства опытных и серийных образцов, а технологическая – комплекс технологий, используемых для разработки и производства образцов ПВН.

Так как для создания *i*-й подсистемы образца ПВН необходимо одновременно наличие всех составляющих НТПТБ, то вероятность ее разработки и серийного производства в планируемые сроки может быть определена по формуле:

$$P_i = P_{Иi} P_{Тнi} P_{Тлi},$$

где: $P_{Иi}$, $P_{Тнi}$, $P_{Тлi}$ – вероятности решения в запланированные сроки всех задач интеллектуального, технического и технологического характера для создания *i*-й подсистемы образца, соответственно.

Тогда технологический риск, связанный с созданием *i*-й подсистемы образца ПВН, определяется по формуле:

$$P_{Ti} = 1 - P_i = 1 - P_{Иi} P_{Тнi} P_{Тлi}. \quad (4)$$

Пусть для разработки *i*-й подсистемы образца ПВН требуется решить $N_{Иi}$ задач интеллектуального характера, $N_{Тнi}$ задач технического характера и $N_{Тлi}$ задач технологического характера. Тогда значения вероятностей, входящих в формулу (4), определяются по формуле:

$$P_{Иi} = \prod_{j=1}^{N_{Иi}} P_{Иij}, \quad (5)$$

$$P_{Тнi} = \prod_{\xi=1}^{N_{Тнi}} P_{Тнi\xi}, \quad (6)$$

$$P_{Тлi} = \prod_{k=1}^{N_{Тлi}} P_{Тлik}, \quad (7)$$

где: $P_{Иij}$ – вероятность решения *j*-й задачи интеллектуального характера при разработке *i*-й подсистемы образца ПВН в течение срока, который не приводит к превышению запланированной продолжительности ее разработки;

$P_{Тнi\xi}$ – вероятность решения ξ-й задачи технического характера при разработке *I*-й подсистемы образца ПВН в течение срока, который не приводит к превышению запланированной продолжительности ее разработки;

$P_{Тлik}$ – вероятность решения *k*-й задачи технологического характера при разработке *i*-й подсистемы образца ПВН в течение срока, который не приводит к превышению запланированной продолжительности ее разработки.

Используя выражения (5), (6) и (7) технологический риск, связанный с разработкой *i*-й подсистемы образца ПВН, может быть определен по формуле:

$$P_{Ti}=1-P_{Ии}P_{Тні}P_{Тлі}=$$
$$=1-\prod_{j=1}^{N_{Ии}}P_{Ииj}\prod_{\xi=1}^{N_{Тні}}P_{Тні\,\xi}\prod_{k=1}^{N_{Тлі}}P_{Тлік}. \quad (8)$$

Для принятия решения о необходимости выработки мер по снижению риска следует оценить значения вероятностей, входящих в выражение (8).

Определить $P_{Ииj}$ можно на основе сопоставления сложностей выполненных (выполняемых) работ и планируемой работы. Сложность разработки *i*-й подсистемы учитывается путем классификации работ на два варианта разработки подсистемы нового поколения («революционный», «эволюционный») и три варианта модернизации существующей подсистемы («глубокая», «средняя», «незначительная») [8].

«Революционный» вариант разработки подсистемы нового поколения – при его реализации происходят такие изменения в конструктивно-компоновочных решениях перспективной подсистемы по сравнению с подсистемой-аналогом (однотипной подсистемой), в результате которых реализуется совокупность научно-технических нововведений, связанных с приданием ей принципиально новых свойств (возможностей).

«Эволюционный» вариант разработки подсистемы нового поколения отличается от «революционного» тем, что изменения конструктивно-компоновочных решений перспективной подсистемы не связаны с приданием ей принципиально новых свойств (возможностей), но приводят к существенному улучшению всех ее характеристик.

Под «глубокой» модернизацией подсистемы понимается замена значительной части ее основных узлов (элементов) на узлы (элементы) нового поколения, в которых реализуется совокупность научно-технических нововведений, приводящих к значительному улучшению характеристик подсистемы.

Под «средней» модернизацией подсистемы понимается замена отдельных ее узлов (элементов) на узлы (элементы) нового поколения, в которых реализуется совокупность научно-технических нововведений, приводящих к улучшению характеристик подсистемы. Занимает промежуточное положение между «глубокой» и «незначительной» модернизацией.

Под «незначительной» модернизацией подсистемы понимается доработка ее отдельных узлов (элементов), приводящая к незначительному улучшению характеристик подсистемы.

Необходимость сопоставления сложности выполненных (выполняемых) и планируемых работ обусловлена тем, что вероятность решения любой научно-технической задачи в планируемые сроки зависит от опыта проведения аналогичных по сложности работ, который в существенной степени определяет квалификацию сотрудников и научно-технический задел, созданный в период, предшествующий началу планируемой работы. В противном случае квалификация сотрудников будет формироваться уже в ходе выполнения планируемой работы, что создает угрозу срыва запланированного срока разработки подсистемы.

При современных высоких темпах научно-технического прогресса быстро устаревают знания и снижается квалификация работников, если прекращена их активная творческая деятельность. Так, прекращение исследований влечет обесценивание накопленных знаний на 20-25% в год. При этом объем знаний, которым располагает человечество, удваивается каждые двадцать лет [10].

Каждый год отсутствия у организации работ, связанных с разработкой образца ПВН одного уровня сложности с планируемым к созданию образцом, увеличивает риск нерешения задачи интеллектуального характера в запланированные сроки. То есть минимальный риск имеет место в том случае, если в портфеле организации имеются заказы, обеспечивающие постоянную загрузку работников в рассматриваемой предметной области, и

(или), если такие работы проводятся за счет собственных средств организации.

Это иллюстрируется рисунком 3, на котором изображены графики плотности распределения вероятности продолжительности разработки образца ПВН в зависимости от длительности невыполнения организацией работ одного уровня сложности $\Delta T_{НР}$. С увеличением $\Delta T_{НР}$ происходит увеличение площади под кривой плотности распределения, расположенной правее плановой продолжительности разработки ПВН $T_{П}$.

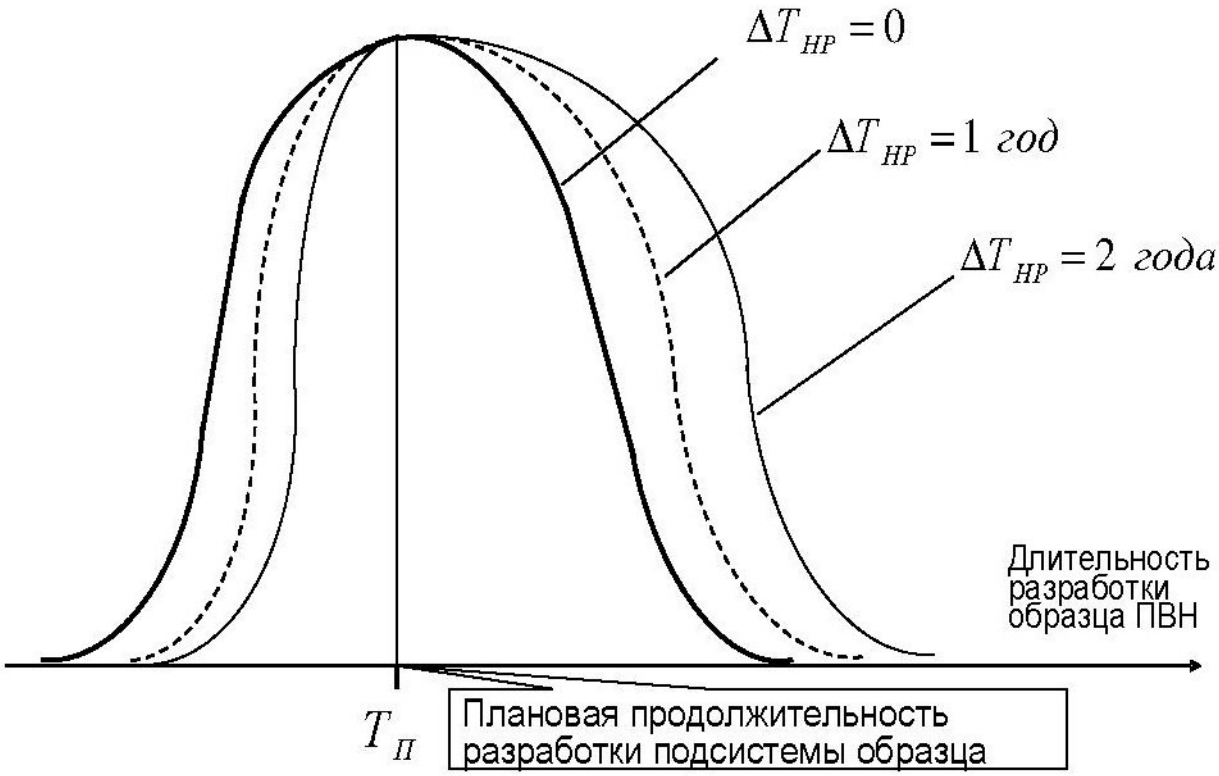

Рисунок 3 – Графики плотности распределения вероятности продолжительности разработки образца ПВН в зависимости от длительности невыполнения организацией работ одного уровня сложности в рассматриваемой предметной области

Приближенное аналитическое выражение для оценки $P_{Иij}$ имеет вид:

$$P_{Иij} = P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}=0\right) - \Delta P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right), \qquad (9)$$

где:

$\Delta P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right)$ – величина снижения вероятности решения *j*-й задачи интеллектуального характера при разработке *i*-й подсистемы образца ПВН в течение срока, не превышающего запланированной, при условии постоянной загрузки организации заказами (в одной предметной области с планируемой работой) до момента начала разработки планируемого к созданию образца $\Delta P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right)=0$, если $\Delta T_{НР}=0$; $\Delta P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right)\geq 0$, если $\Delta T_{НР}>0$;

$P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}=0\right)$ – значение вероятности $P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right)$ до момента начала разработки планируемого к созданию образца.

Значение $P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}=0\right)$ может быть определено с использованием специальных моделей или экспертным способом. Для приближенных расчетов значение $P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}=0\right)$ может быть принято равным единице.

Величина $\Delta P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}\right)$ определяется экспертно и может составлять 0,05 за каждый год невыполнения организацией работ.

Если, например, принять $P_{Иij}\left(\Delta T_{НР}=0\right)=1$, то при невыполнении организацией в тече-

ние двух лет работ в одной предметной области, значение $P_{Иij}$ определяется по формуле:

$$P_{Иij}=1-0{,}05\times 2=0{,}9\ .$$

Помимо вероятностной меры технологического риска, связанного с невыполнением организацией работ, имеет место временная мера риска, что иллюстрируется рисунком 4.

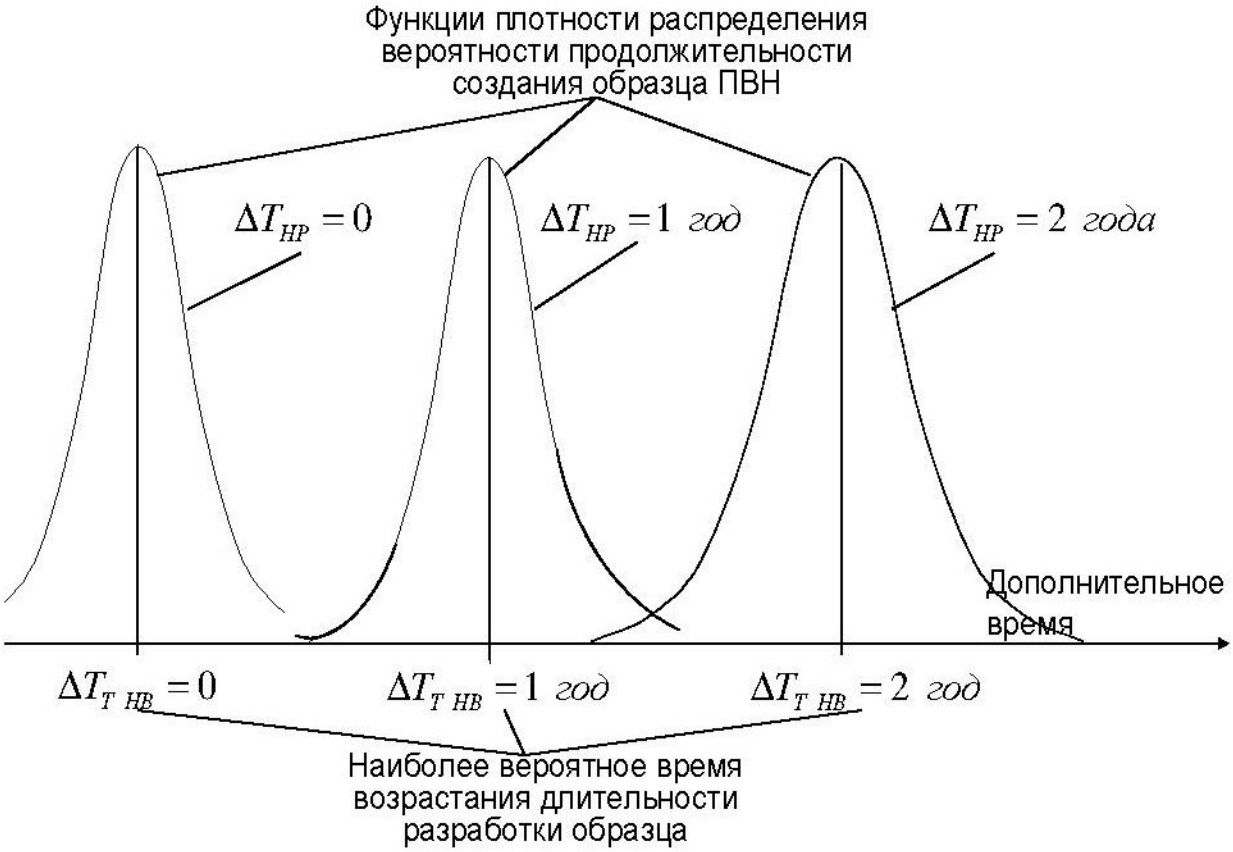

Рисунок 4 – Графики плотности распределения вероятности, дополнительного времени, которое потребуется на разработку образца для различных сроков невыполнения работ в рассматриваемой предметной области

Если сложность планируемого варианта разработки образца ПВН не совпадает с вариантом последнего разработанного или разрабатываемого в период времени, предшествующий началу планируемой разработки, то, при условии постоянной загрузки организации заказами в рассматриваемой предметной области, значение $P_{Иij}$ может быть определено экспертно.

Если имеет место невыполнение организацией работ в рассматриваемой предметной области в период, предшествующий началу планируемой разработки образца, то происходит снижение вероятности решения *j*-й задачи интеллектуального характера при разработке *i*-й подсистемы образца в соответствии с формулой (9).

Оценка вероятностей $P_{Тні\,ξ}$ и $P_{Тлік}$ осуществляется экспертами на основе анализа текущего состояния основных фондов организации и наличия необходимых для разработки ПВН оборудования и технологий, а также планируемых инвестиций в их развитие с учетом морального старения. После этого осуществляется оценка технологического риска, связанного с разработкой *i*-й подсистемы образца, по формуле (8).

Если величина P_{Ti} оказывается выше приемлемого для заказчика уровня, то следует разработать и реализовать комплекс мер

по его снижению. В качестве таких мер могут быть, например:

1. Заблаговременная подготовка соответствующих специалистов в высших и средних специальных учебных заведениях.

2. Закупка (разработка) оборудования и технологий, необходимых для разработки и изготовления планируемых к созданию подсистем образца. В связи с тем, что разработка новых технологий и оборудования, а также его монтаж и освоение требуют времени, то необходима увязка времени готовности организаций к изготовлению подсистем образцов с плановым сроком начала производства образцов.

Поэтапное повышение уровня технического совершенства его подсистем (агрегатов, узлов) при совершенствовании образца ПВН.

Совершенствование образцов ПВН может осуществляться, например, путем замены выработавших свой ресурс и морально устаревших подсистем (агрегатов, узлов) на более совершенные в ходе капитального ремонта, или путем производства образцов с улучшенными тактико-техническими характеристиками.

Увеличение финансовых рисков с возрастанием уровня технического совершенства образца ПВН обусловлено возрастанием степени разброса возможных значений стоимости его разработки из-за роста неопределенности в трудоемкости работ, объеме испытаний, цене на сырье, материалы и комплектующие и значениях других ценообразующих факторов, что выражается в росте среднего квадратического отклонения стоимости разработки.

Это наглядно иллюстрируется рисунком 5, на котором представлены функции плотности распределения вероятности расходов на разработку образцов ПВН в двух альтернативных вариантах: «революционном» и «эволюционном».

Рисунок 5 – Доверительные интервалы стоимости разработки образца ПВН в «эволюционном» и «революционном» вариантах, соответствующие фиксированной доверительной вероятности

При этом, в силу выше отмеченного, среднее квадратическое отклонение стоимости разработки образца в «революционном» варианте $\sigma_{СР}(t_P)$ (в ценах расчетного года t_P) больше значения аналогичного параметра,

соответствующего «эволюционному» варианту разработки образца $\sigma_{СЭ}(t_р)$. Это приводит к тому, что доверительный интервал, соответствующий фиксированному уровню доверительной вероятности, стоимости разработки образца в «революционном» варианте больше, чем в «эволюционном» варианте, то есть одному и тому же уровню вероятностной меры финансового риска соответствуют различные возможные объемы потребного дополнительного финансирования (стоимостной меры финансового риска).

Аналогичное можно сказать и о технологическом риске. На рисунке 6 приведены функции плотности распределения вероятности двух рассмотренных вариантов разработки образца ПВН. Среднее квадратическое отклонение продолжительности разработки образца ПВН в «революционном» варианте $\sigma_{ТР}$ выше, чем при разработке образца в «эволюционном» варианте $\sigma_{ТЭ}$.

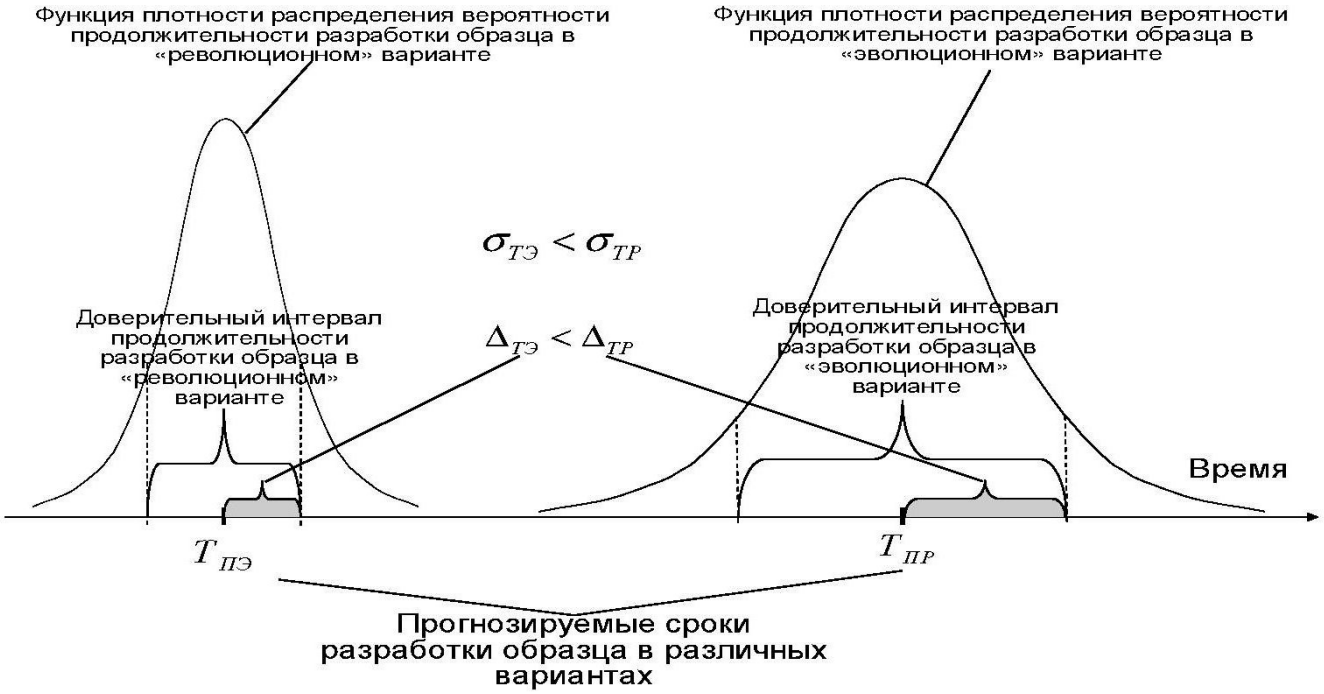

Рисунок 6 – Доверительные интервалы продолжительности разработки образца ПВН в «эволюционном» и «революционном» вариантах, соответствующие фиксированной доверительной вероятности

Это обусловлено более высоким уровнем неопределенности в продолжительности решения научно-технических и производственно-технологических задач при «революционной» разработке образца, в том числе составляющих его подсистем (агрегатов, узлов), по сравнению с «эволюционной». Следствием этого является увеличение доверительного интервала продолжительности разработки образца в «революционном» варианте.

Таким образом, совершенствование образца ПВН путем поэтапного повышения уровня его технического совершенства позволяет снизить финансовые и технологические риски, связанные с разработкой образца, направить высвободившиеся финансовые ресурсы на реализацию других мероприятий и ускорить поставки в войска современной техники.

Конкурентная разработка перспективных образцов ПВН

Суть конкурентной разработки состоит в параллельном проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию ПВН несколькими фирмами. При

этом единственный разработчик образца на завершающем этапе определяется по результатам достигнутых результатов, например, характеристик опытного образца, продемонстрированных в ходе испытаний опытного (демонстрационного) образца. Данный подход к снижению риска целесообразно применять при создании сложных образцов ПВН, которые характеризуются значительными финансовыми и технологическими рисками.

Предположим, что интегральная стоимостная мера (в ценах расчетного года t_P) финансового и технологического рисков при разработке ПВН характеризуются показателем $C^0_{РФТ}\left(t_P\right)$, а бюджетные расходы каждого исполнителя при параллельной разработке составляют $C_0\left(t_P\right)$.

При параллельной разработке образца ПВН несколькими фирмами весь период разработки можно разделить на три части, показанные на рисунке 7.

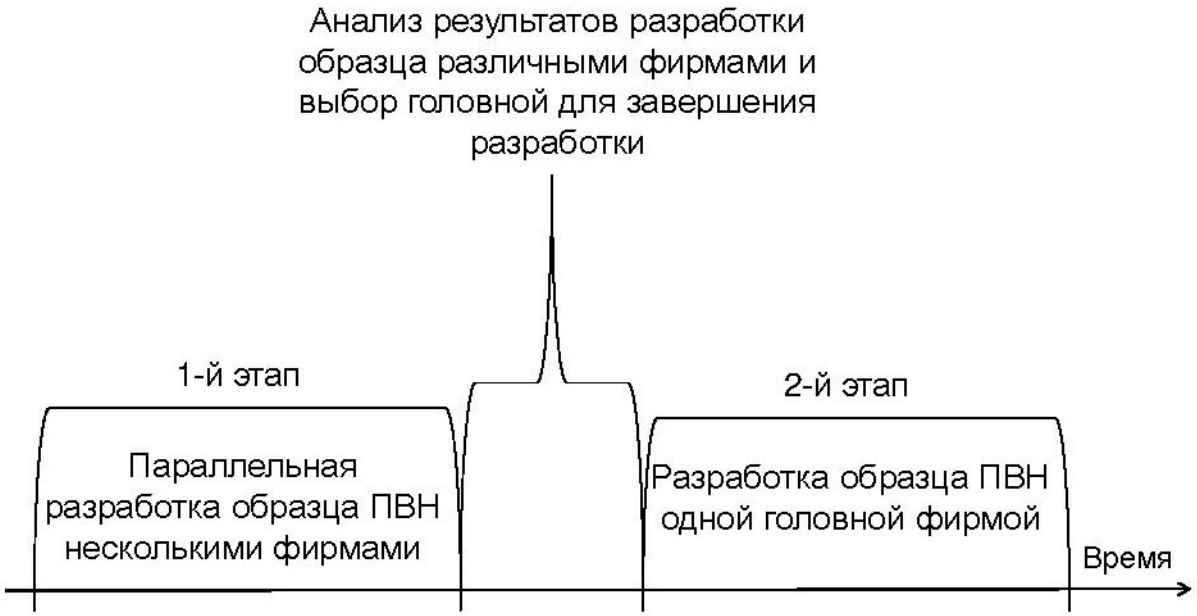

Рисунок 7 – Этапы разработки образца ПВН

Предположим, что сроки завершения этапа параллельной разработки, начала и окончания этапа разработки единственной головной фирмой фиксированы.

Тогда интегральная вероятностная мера финансового и технологического рисков, связанных с разработкой образца ПВН, определяется как вероятность превышения запланированного срока разработки и/или объема финансирования на первом и втором этапах:

$$P_{ФТ}=1-\left(1-P_{ФТ1}\right)\left(1-P_{ФТ2}\right),$$

где: $P_{ФТ1}$ – интегральная вероятностная мера финансового и технологического рисков, связанных с разработкой образца ПВН на первом этапе;

$P_{ФТ2}$ – интегральная вероятностная мера финансового и технологического рисков, связанных с разработкой образца ПВН на втором этапе.

Будем считать негативным событием первого этапа разработки событие, состоящее в том, что ни один разработчик образца не уложился в плановые сроки и/или для завершения выполнения указанного этапа требуются дополнительные бюджетные средства. Аналитическое выражение для оценки риска наступления данного негативного события имеет вид:

$$P_{ФТ1}=\prod_{j=1}^{N_п}\left(1-\left(1-P_{Фj}\right)\left(1-P_{Тj}\right)\right), \qquad (10)$$

где: $N_П$ – количество предприятий, осуществляющих параллельную разработку образца ПВН;

$P_{Фj}$ – вероятностная мера финансового риска разработки образца ПВН *j*-м разработчиком;

P_{Tj} – вероятностная мера технологического риска разработки образца ПВН *j*-м разработчиком.

Влияние параллельной разработки образца ПВН на реализуемость мероприятия можно проиллюстрировать на следующем примере. Пусть параллельную разработку осуществляют две организации, которые имеют приблизительно одинаковые вероятностные меры финансового и технологического рисков:

$$P_{Ф1}=P_{Ф2}=0{,}4\ ,\ P_{T1}=P_{T2}=0{,}3\ .$$

Тогда, используя формулу (10), находим значение интегрального показателя финансового и технологического рисков на первом этапе разработки образца:

если разработку образца осуществляет единственная фирма

$$P_{ФТ1}=1-(1-0{,}4)(1-0{,}3)=0{,}58\ ,$$

если разработку образца параллельно осуществляют две фирмы

$$P_{ФТ1}=\prod_{j=1}^{2}\left(1-(1-0{,}4)(1-0{,}3)\right)=0{,}34\ .$$

То есть параллельная разработка существенно снижает финансовые и технологические риски (приблизительно в два раза), сопутствующие разработке образца.

Для оценки стоимостной меры финансового и технологического рисков предположим, что хотя бы одна фирма, участвующая в первом этапе разработки образца ПВН, выполнила указанный этап в запланированный срок и без превышения планового объема бюджетного финансирования. В этом случае стоимостная мера, интегрально характеризующая финансовый и технологический риски, снижается, если выполняется неравенство:

$$\left(N_П-1\right)C_0\left(t_P\right)+C_{РФТ2}\left(t_P\right)<C^0_{РФТ}\left(t_P\right)\ ,\quad (11)$$

где $C_{РФТ2}\left(t_P\right)$ – стоимостная мера финансового и технологического рисков (в ценах расчетного года t_P), связанных со вторым завершающим этапом разработки образца ПВН, для выполнения которого выбрана одна из организаций, осуществлявших разработку образца на первом этапе.

Кроме того, если после проведения демонстрационных испытаний, фирме, выбранной для завершения разработки, передается научно-технический задел, созданный другими фирмами и продолжающими принимать участие в завершении разработки образца ПВН в той части, где они достигли превосходства, то это способствует повышению качества разрабатываемого образца ПВН. Это, в свою очередь, вносит позитивный вклад в обеспечение военной безопасности государства и повышение конкурентоспособности разрабатываемого образца ПВН на внешнем рынке.

Повышение качества образца может иметь следующие позитивные моменты. Во-первых, за счет улучшения характеристик образца, путем его параллельной разработки (по сравнению с разработкой единственной фирмой) и снижения объема закупок образцов ПВН могут быть сокращены количество закупаемых образцов ПВН и потребные для этого суммарные бюджетные расходы (в ценах расчетного года t_P). Размер указанного сокращения расходов обозначим через $\Delta C_{УХ}\left(t_P\right)$.

Во-вторых, за счет повышения надежности составных частей образца и совершенствования системы его эксплуатации, достигнутых благодаря параллельной разработке образца несколькими фирмами (по сравнению с разработкой образца единственной фирмой), могут быть сокращены суммарные эксплуатационные расходы на плановом периоде. Величину экономии на эксплуатационных расходах обозначим через $\Delta C_{Э}\left(t_P\right)$.

В-третьих, за счет роста иностранных заказов (по сравнению с объемом заказов, ко-

торый может быть достигнут при разработке образца единственной фирмой), обусловленных улучшением характеристик образца ПВН, за счет параллельной разработки, возрастает загрузка отечественных предприятий, что положительно сказывается как на сохранении достигнутого научно-технического и производственно-технологического потенциалов организаций и их развитии, так и на снижении издержек производства (общехозяйственных, общепроизводственных и др.), приходящихся на единицу продукции. Обозначим потенциальный объем заказов ξ-й страны на поставку образцов ПВН через $C_{33\xi}(t_P)$.

Позитивный характер возрастания показателей $\Delta C_{УХ}(t_P)$ и $\Delta C_{Э}(t_P)$ позволяет рассматривать характеризуемые ими объемы финансирования в качестве компенсаций дополнительных расходов на параллельную разработку образца несколькими фирмами.

Учитывая это, а также стохастический характер получения экономии от улучшения характеристик образца и зарубежных заказов на поставку образцов, неравенство (11) может быть записано в следующем виде:

$$(N_П-1)C_0(t_P)+C_{РФТ2}(t_P)-P_{УХ}\Delta C_{УХ}(t_P)- \\ -P_Э\Delta C_Э(t_P)-\sum_{\xi}P_{33\xi}C_{33\xi}(t_P)<C^0_{РФТ}(t_P),$$

где: $P_{УХ}$ – вероятность того, что может быть получена экономия финансовых ресурсов от улучшения характеристик образцов ПВН, достигнутого благодаря параллельной разработке и снижению объема закупок образцов ПВН на всем плановом периоде;

$P_Э$ – вероятность получения экономии финансовых ресурсов от снижения расходов на эксплуатацию образцов ПВН на всем плановом периоде, вызванного улучшением эксплуатационных характеристик образца, достигнутым благодаря его параллельной разработке;

$P_{33\xi}$ – вероятность получения заказов на поставку образцов ПВН в ξ-ю страну в плановом периоде, обусловленных улучшением характеристик образца ПВН, достигнутым благодаря параллельной разработке.

Таким образом, диверсификация разработки образца ПВН может обеспечить снижение стоимостной меры финансового и технологического рисков на величину, определяемую по формуле:

$$\Delta C_{РФТ}(t_P)=C^0_{РФТ}(t_P)-(N_П-1)C_0(t_P)- \\ -C^K_{РФТ}(t_P)+P_{УХ}\Delta C_{УХ}(t_P)+ \\ +P_Э\Delta C_Э(t_P)+\sum_{\xi}P_{33\xi}C_{33\xi}(t_P).$$

Рассмотренные меры организационно-технического характера, направленные на снижение риска, логично дополняют меры финансово-экономического характера, которые будут изложены в одном из ближайших номеров журнала.

Список использованных источников

1. Гапоненко Т.В. Управленческие решения: учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2008.

2. Ивасенко А.Г., Никонова Я.И., Каркавин М.В. Управление проектами: учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2009.

3. Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие. – М.: ИНФРАМ, 2008.

4. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Хрусталев Е.Ю. Механизмы управления производством продукции военного назначения. – М.: Наука, 2006.

5. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. О возможных рисках при прогнозировании цен на продукцию военного назначения // Вооружение. Политика. Конверсия. – 2008. – № 4 (82).

6. Лавринов Г.А., Козин М.Н. Управление рисками в системе государственного оборонного заказа. Монография. – Саратов: Наука, 2010.

7. Макеев С.П., Минаев В.Н., Матиевский А.В., Лавринов Г.А., Латышев Н.В. Автоматизация процессов управления рисками программ и проектов в сфере государственного оборонного заказа. Монография. – ЗНП АО «Отделение ПВЭиФ», 2011.

8. Подольский А.Г., Лавринов Г.А., Косенко А.А. Стоимостные показатели продукции военного назначения: теоретические и методические основы оценки / Под ред. заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора технических наук, профессора В.М. Буренка. – СПб.: ВАТТ им. генерала армии А.В. Хрулева, 2011.

9. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Содержание понятий неопределенности и риска в области формирования и реализации планов развития ВВТ // Вооружение и экономика. – 2010. – № 1(9).

10. Сергей Глазьев. Как построить новую экономику // Эксперт № 7, 2012 г.

11. Роберт В. Миллер, ПЕРТ – система управления / Перевод с английского. – М.: Экономика, 1965.

12. Гурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Изд. 4-е, доп. Учеб. пособие для вузов. – М.: «Высшая Школа», 1972.

13. Письмо Минэкономики России от 17 июля 1995 г. № ИМ-663/02-93 «Об основных видах контрактных цен, применяемых при заключении государственных контрактов».

14. Теория риска и моделирование рисковых ситуаций: Учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 4-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2009.