

В.Л.Лясковский, доктор технических наук, профессор

С.С.Смирнов, кандидат технических наук, доцент

А.Ю.Пронин, кандидат технических наук

Методика формирования портфеля фундаментальных и поисковых исследований с учетом прогнозируемых угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере

Предложена методика, позволяющая оценить потенциал отечественной науки по возможности парирования возникающих угроз безопасности Российской Федерации в научно-технической сфере, а также сформировать портфель фундаментальных и поисковых исследований в интересах обороны и безопасности государства на долгосрочную перспективу.

Введение

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса» Правительству России поручено обеспечить создание качественно новой системы стратегического планирования в области противодействия угрозам национальной безопасности на период от 30 до 50 лет в интересах формирования государственных программ вооружения (ГПВ), условий для динамичного развития прорывных высокорискованных исследований и разработок, фундаментальной науки и реализацию прикладных исследовательских программ в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства. Следует подчеркнуть, что достижения фундаментальной науки являются основой создания научного задела для разработки перспективного, в том числе нетрадиционного, вооружения (рисунок 1) и позволяют не допустить критического отставания России в военно-технической сфере от ведущих зарубежных стран.

Прогнозные исследования в рамках фундаментальных и поисковых исследований

(ФПИ) являются одним из элементов стратегического планирования в интересах обеспечения противодействия угрозам национальной безопасности на долгосрочный период и должны проводиться по следующим основным направлениям [1]:

прогнозирование развития военно-политической обстановки в мире, выявление потенциальных угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере;

установление взаимосвязей и степени влияния прогнозных научных достижений на парирование потенциальных угроз безопасности Российской Федерации;

формирование портфеля ФПИ на долгосрочный период в интересах обеспечения обороны и безопасности государства, оказывающих наибольшее влияние на парирование потенциальных угроз безопасности Российской Федерации.

В этой связи в интересах стратегического планирования фундаментальной науки целесообразно разрабатывать и уточнять раз в 5 лет прогноз развития науки в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства.

При формировании портфеля ФПИ необходимо основываться на традиционных подходах и использовать хорошо зарекомендо-

вавшие себя методы прогнозирования (методы Форсайт-исследований, Дельфи и др.) [2, 3]. Однако нужно учитывать и ряд специфических особенностей научно-технического прогнозирования в военной и военно-технической области, включая проведение прогнозных оценок по возможности парирования потенциальных угроз безопасности

Российской Федерации в военно-технической сфере, которая может быть обеспечена принятием на вооружение некоторой совокупности существующих, разрабатываемых и перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), основанных на новейших достижениях науки и техники.



Рисунок 1 – Схема создания научно-технического задела для разработки перспективного вооружения

Таким образом, формирование портфеля ФПИ, с учетом указанных особенностей, предполагает реализацию следующих мероприятий [2-5]:

- определение перечня угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере и их параметров;

- выявление прорывных научных направлений, оказывающих наибольшее влияние на создание образцов (подсистем, элементов) ВВСТ (выявление «окон возможностей»);

- формирование множества мер противодействия и перечня их параметров;

- оценка степени парирования угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере;

- использование сценарных подходов научного прогнозирования, позволяющих оценить возможность получения конкретных результатов по определенным научным направлениям при различных вариантах финансирования;

- совмещение количественных и качественных подходов к выявлению тенденций развития научных направлений, технологий и техники;

- применение современных методов Форсайт-исследований, широко используемых как в нашей стране, так и за рубежом;

- привлечение широко круга специалистов и высококвалифицированных экспертов к разработке долгосрочных прогнозов развития отечественной науки.

1. Постановка задачи формирования портфеля ФПИ с учетом прогнозируемых угроз безопасности Российской Федерации в научно-технической сфере

В качестве исходных данных для формирования портфеля ФПИ с учетом прогнозируемых угроз безопасности Российской Федерации в научно-технической сфере необходимо использовать:

классификатор образцов ВВСТ с набором типовых характеристик;

перечень угроз безопасности РФ в военно-технической сфере;

возможные варианты финансирования ФПИ в области обеспечения обороны страны и безопасности государства;

перечень приоритетных направлений ФПИ в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства;

перечень базовых и критических военных технологий;

прогноз развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Требуется найти портфель ФПИ $X^*(t_k)$, для каждого рассматриваемого среза времени $t_k (k=1, 2, \dots, K)$, обеспечивающий максимальное противодействие угрозам безопасности в научно-технической сфере, при ограничении на стоимость выполнения ФПИ, стоимость их реализации в образцах ВВСТ и допустимые сроки выполнения и реализации ФПИ:

$$X^*(t_k) = \underset{X(t_k)}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^{n(t_k)} p_i(t_k) \cdot \eta_i(t_k) \cdot A_i(X(t_k))$$

$$\forall t_k: C_{\text{вып}}(X(t_k)) < C_{\text{вып}}^{\text{дон}}(t_k),$$

$$C_{\text{реал}}(X(t_k)) < C_{\text{реал}}^{\text{дон}}(t_k),$$

$$t_{\text{вып}}(X(t_k)) < t_{\text{вып}}^{\text{дон}}(t_k),$$

$$t_{\text{реал}}(X(t_k)) < t_{\text{реал}}^{\text{дон}}(t_k),$$

где $n(t_k)$ – перечень возможных угроз на момент времени t_k ;

$p_i(t_k)$ – вероятность возникновения i -й угрозы на момент времени t_k ;

$\eta_i(t_k)$ – степень опасности i -й угрозы на момент времени t_k ;

$A_i(X(t_k))$ – показатель степени парирования i -й угрозы на момент времени t_k при варианте $X(t_k)$;

$C_{\text{вып}}(X(t_k))$ – стоимость выполнения ФПИ для портфеля $X(t_k)$;

$C_{\text{вып}}^{\text{дон}}(t_k)$ – допустимая стоимость выполнения ФПИ;

$C_{\text{реал}}(X(t_k))$ – стоимость реализации результатов ФПИ в образцах ВВСТ для портфеля $X(t_k)$;

$C_{\text{реал}}^{\text{дон}}(t_k)$ – допустимая стоимость реализации результатов ФПИ в образцах ВВСТ;

$t_{\text{вып}}(X(t_k))$ – сроки выполнения ФПИ для портфеля $X(t_k)$;

$t_{\text{вып}}^{\text{дон}}(X(t_k))$ – допустимые сроки выполнения ФПИ для портфеля $X(t_k)$,

$t_{\text{вып}}^{\text{дон}}(X(t_k)) \approx 3$ года;

$t_{\text{реал}}(X(t_k))$ – сроки реализации результатов ФПИ в образцах ВВСТ для портфеля $X(t_k)$;

$t_{\text{реал}}^{\text{дон}}(X(t_k))$ – допустимые сроки реализации результатов ФПИ в образцах ВВСТ для портфеля $X(t_k)$, $t_{\text{реал}}^{\text{дон}}(X(t_k)) \approx 7$ лет.

2. Методический подход к оценке взаимосвязи результатов ФПИ с параметрами мер противодействия угрозам безопасности в научно-технической сфере

В обобщенном виде формирование портфеля ФПИ в интересах обороны и безопасности государства на первоначальном этапе предполагает выявление и оценку возможных угроз безопасности РФ в военно-технической сфере (в том числе существующих в настоящее время и прогнозируемых перспективных угроз). При этом, угрозы безопасности РФ в военной (военно-технической) сфере должны быть сформулированы конкретно, отражать вероятность и

специфику их возникновения и развития в различные периоды оцениваемых временных срезов долгосрочного прогнозирования.

Здесь следует отметить, что первоначально сформированный перечень угроз безопасности РФ, а также характеризующие их параметры могут дополняться и видоизменяться с течением времени (как правило, на основе оценки знаний, опыта и интуиции высококвалифицированных экспертов) [6].

В то же время, возможные угрозы безопасности РФ в военной (военно-технической) сфере должны парироваться рядом существующих и перспективных мер противодействия. При этом перспективные меры должны выбираться и оцениваться на основе долгосрочного прогноза направлений развития науки в интересах обороны и безопасности.

В общем виде меры противодействия угрозам безопасности РФ в военной (военно-технической) сфере должны включать некоторую совокупность образцов ВВСТ, находящихся на различных этапах их жизненного цикла и предназначенных для решения насущных (перспективных) военно-технических задач в сфере обеспечения безопасности государства. Представляется целесообразным классифицировать образцы ВВСТ, входящие в меры противодействия угрозам безопасности, на:

существующие образцы ВВСТ – образцы ВВСТ, находящиеся на эксплуатации в войсках, а также на этапе серийных поставок;

образцы ВВСТ ближайшей перспективы (новые и модернизируемые образцы ВВСТ) – образцы ВВСТ, находящиеся на этапе проектирования (образцы ВВСТ по которым в настоящий момент времени выполняется аванпроект или опытно-конструкторская работа);

перспективные образцы ВВСТ – образцы (комплексы, системы) ВВСТ, планируемые к разработке.

Предложенная классификация образцов ВВСТ привязана к этапам жизненного цикла образцов и позволяет провести оценку возможности их применения в различных мерах противодействия на различных временных

интервалах прогноза. При этом, представляется очевидным, что существующие угрозы безопасности могут быть парированы только теми мерами противодействия, которые включают в свой состав существующие образцы ВВСТ.

Исходя из предложенных классов ВВСТ, можно оценить возможность реализации мер противодействия угрозам безопасности во времени (в соответствии с принятием образца ВВСТ на вооружение (снабжение)). Как правило, чем более совершенная мера противодействия может быть получена в будущем, тем больше время на ее реализацию (создание образцов ближайшей перспективы и перспективных образцов ВВСТ) и, соответственно, выше научно-технологические и производственные риски реализации меры.

Таким образом, меру противодействия угрозам безопасности в военной (военно-технической) сфере целесообразно представлять некоторой совокупностью образцов ВВСТ, включающей, в общем случае, существующие образцы ВВСТ, образцы ВВСТ ближайшей перспективы, а также перспективные образцы ВВСТ – образцы ВВСТ, обладающие принципиально новыми или существенно улучшенными свойствами (тактико-техническими характеристиками (ТТХ)), за счет реализации результатов выполнения ФПИ.

Исходя из изложенного, для формирования портфеля ФПИ представляется целесообразным оценить эффективность противодействия угрозам безопасности за счет выбора и применения различных мер противодействия. Для решения этой задачи необходимо сформировать следующую матрицу:

$$\begin{matrix}
 \text{Угроза безопасности 1} \\
 \text{Угроза безопасности 2} \\
 \dots \\
 \text{Угроза безопасности n}
 \end{matrix}
 \begin{vmatrix}
 a_{11}(t_k) & a_{12}(t_k) & \dots & a_{1m}(t_k) \\
 a_{21}(t_k) & a_{22}(t_k) & \dots & a_{2m}(t_k) \\
 \dots & \dots & \ddots & \dots \\
 a_{n1}(t_k) & a_{n1}(t_k) & \dots & a_{nm}(t_k)
 \end{vmatrix}
 \begin{matrix}
 \text{Мера противодействия 1} \\
 \text{Мера противодействия 2} \\
 \dots \\
 \text{Мера противодействия m}
 \end{matrix}
 \quad (2)$$

Угрозы безопасности и меры противодействия целесообразно сформировать с привязкой к временной оси их возможного существования (рисунок 2). Изображенные на рисунке степени противодействия угрозам безопасности, полученные за счет использования существующих, разрабатываемых и перспективных

образцов ВВСТ носят иллюстрационный характер и должны рассчитываться с использованием соответствующих методов математического и ситуационного моделирования [3, 7]. Рассмотрение данных методов выходит за рамки настоящей статьи.

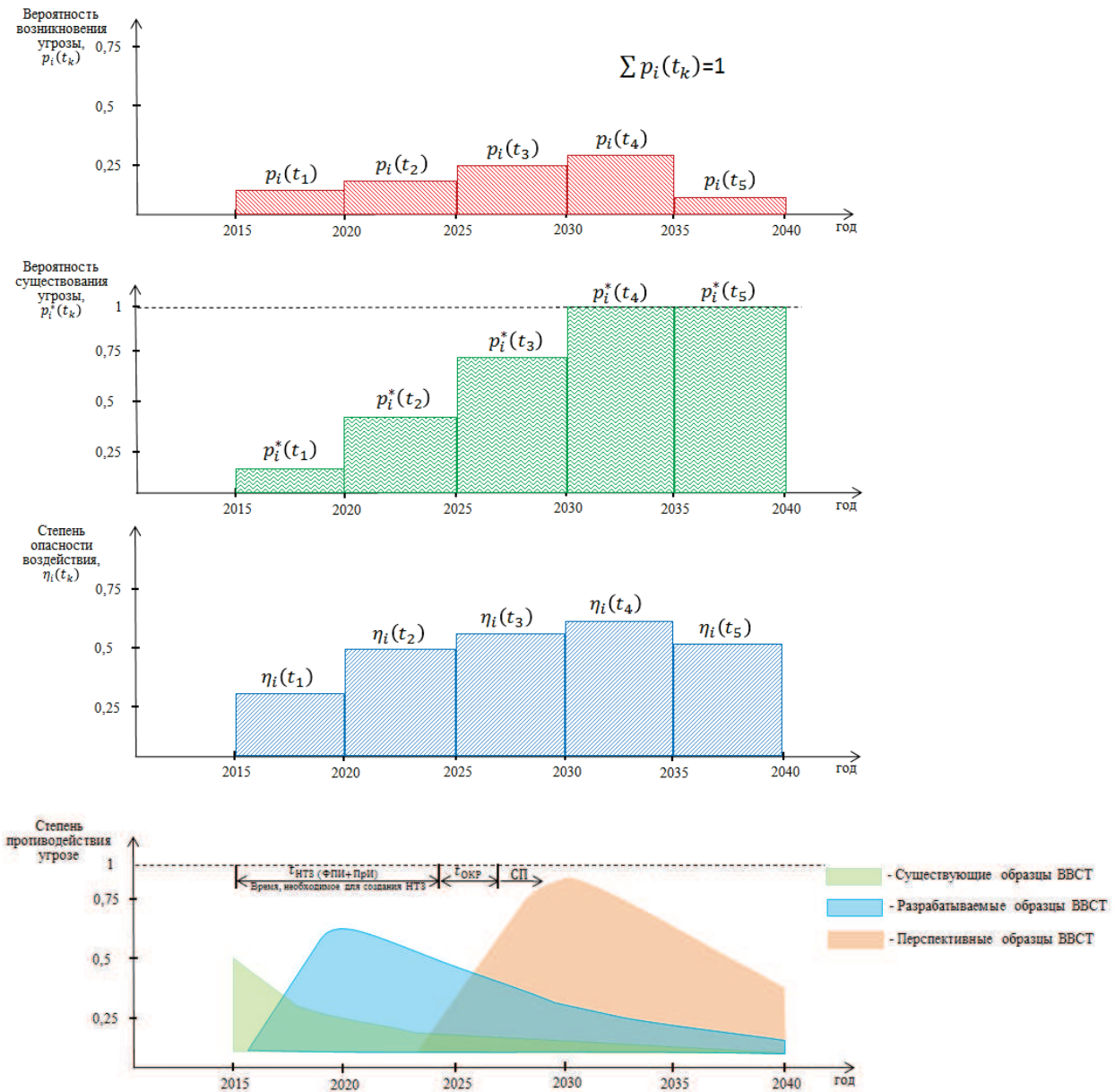


Рисунок 2 – Схематичное представление оценки возможности реализации мер противодействия угрозам безопасности во времени

Элемент матрицы $a_{ij}(t_k)$ – показатель, характеризующий степень противодействия i -й угрозе за счет применения j -й меры противодействия на момент времени t_k $a_{ij}(t_k) \in [0,1]$ (в общем виде $a_{ij}(t_k)$ могут быть получены на

основе экспертного опроса. При этом целесообразно предусмотреть возможность задания элементов матрицы как в виде числа, так и на основе вербально-числовой шкалы – таблица 1).

Таблица 1 – Вербально-числовая шкала градаций возможных мер противодействия угрозам безопасности военно-технической сфере

№ п/п	Вербальное описание показателя a_{ij} (вербальное описание для мер противодействия, основанных на использовании в ВВСТ разработок на основе результатов ФПИ)	Числовое значение
1.	Угроза не парируется (полученные результаты ФПИ, которые предполагается реализовать в j -й мере противодействия, не позволят парировать i -ю угрозу национальной безопасности страны)	0
2.	Низкая степень парирования угрозы (полученные результаты ФПИ, которые предполагается реализовать в j -й мере противодействия, позволят частично парировать i -ю угрозу национальной безопасности страны)	0,25
3.	Средняя степень парирования угрозы (полученные результаты ФПИ, которые предполагается реализовать в j -й мере противодействия, в основном позволят парировать i -ю угрозу национальной безопасности страны)	0,5
4.	Высокая степень парирования угрозы (полученные результаты ФПИ, которые предполагается реализовать в j -й мере противодействия, позволят парировать i -ю угрозу национальной с высокой долей вероятности)	0,75
5.	Полное парирование угрозы (полученные результаты ФПИ, которые предполагается реализовать в j -й мере противодействия, позволяют полностью парировать i -ю угрозу национальной безопасности)	1

Таблица 2 – Вербально-числовая шкала градаций степени опасности угрозы

№ п/п	Вербальное описание степени опасности угрозы	Числовое значение
1.	Угроза не представляет опасности	0
2.	Угроза имеет низкую степень опасности	0,25
3.	Угроза имеет среднюю степень опасности	0,5
4.	Угроза имеет высокую степень опасности	0,75
5.	Угроза представляет чрезвычайную опасность	1

Если на основе обобщения экспертных оценок $a_{ij}(t_k)=0$, то j -я мера не влияет на i -ю угрозу на момент времени t_k (не обеспечивает никакого противодействия). Если $a_{ij}(t_k)=1$, то j -я мера полностью парирует i -ю угрозу в момент времени t_k .

С учетом принятых пределов изменения элементов матрицы, в предположении возможности одновременного применения всех рассматриваемых мер противодействия для рассматриваемого момента времени t_k , показатель степени парирования i -й угрозы может быть записан как:

$$A_i(t_k) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - a_{ij}(t_k)).$$

На каждый временной срез оценки и выбора угрозы безопасности целесообразно ранжировать по вероятности возникновения $p_i(t_k)$ и степени опасности $\eta_i(t_k)$ (может

быть задана на основе экспертного опроса, с использованием вербально-числовой шкалы, приведенной в таблице 2).

Мера противодействия l характеризуется столбцом матрицы:

$$\begin{pmatrix} a_{1l}(t_k) \\ a_{2l}(t_k) \\ \dots \\ a_{nl}(t_k) \end{pmatrix}$$

и зависит от ТТХ существующего, модернизируемого и перспективного ВВСТ. Если для l -ой

меры $\sum_{i=1}^n a_{il}(t_k) = 0$, (все $a_{il}(t_k) = 0$) то такая

мера нецелесообразна и ее из исходной матрицы следует исключить. Достижимые ТТХ модернизируемых и перспективных образцов зависят, в том числе от результатов выполнения ФПИ, прикладных исследований, разработки новых технических решений, а также научно-технологических и производственных

возможностей их реализации в образцах ВВСТ к моменту возможного появления соответствующей угрозы безопасности.

Таким образом, меру противодействия угрозам безопасности целесообразно связать с результатами выполнения ФПИ следующим образом:

1) В меру противодействия включаются существующие образцы ВВСТ, образцы ВВСТ ближайшей перспективы, а также перспективные образцы ВВСТ.

2) Для каждого типа образца ВВСТ (из выделенного в соответствующую меру) для типовых ТТХ данного класса выявляется параметр связи с потенциальными результатами ФПИ (задается вопрос экспертам: могут ли повлиять потенциальные результаты ФПИ на ТТХ рассматриваемого образца ВВСТ, если да – то на какие конкретно ТТХ?).

При этом, увязка ТТХ образцов ВВСТ с результатами выполнения ФПИ осуществляется с использованием 2 подходов:

2.1) Будут ли достигнуты требования к ТТХ образца ВВСТ к моменту возможного появления соответствующей угрозы за счет использования результатов ФПИ, т.е. результаты ФПИ будут успешно внедрены при модернизации (разработке перспективного) образца ВВСТ к моменту возможного появления угрозы;

2.2) Какие ТТХ образца ВВСТ будет достигнуты к моменту возможного появления угрозы с учетом успешного выполнения ФПИ, а также успешной реализации результатов ФПИ в образце ВВСТ к моменту времени возможного появления угрозы.

Следует отметить, что имея значения элементов матрицы А можно оценить степень противодействия каждой угрозе при различных сценарных условиях (рассчитать $A_i(t_k)$), их проранжировать (для определения той угрозы, которая менее всего парируется предложенным набором мер противодействия).

3. Методический подход к решению задачи выбора приоритетных направлений ФПИ

Допустим, что на момент времени t_k могут быть поставлены и реализованы в образцах ВВСТ L_k ФПИ, для каждой l_k ($l_k=1, L_k$) ФПИ заданы временные параметры ее выполнения $(t_{вып}^{(l_k)})$ и реализации $(t_{реал}^{(l_k)})$. Тогда временной интервал до получения положительного эффекта от постановки ФПИ до реализации его в образцах ВВСТ, а соответственно и в мерах противодействия угрозам безопасности составит:

$$t_{l_k} = t_{вып}^{(l_k)} + t_{реал}^{(l_k)}$$

Тогда в общем случае (при условии, что l_k ФПИ может быть реализована в образце ВВСТ, который может входить в несколько мер противодействия и парировать несколько угроз безопасности в военно-технической сфере) показатель значимости l_k ФПИ может быть записан как:

$$\beta_{l_k} = \sum_i \sum_j P_i(t_{l_k}) \cdot \eta_i(t_{l_k}) \cdot \left(\frac{a_{ij}^{(l_k)}(t_{l_k}) - a_{ij}(t_{l_k})}{a_{ij}^{(l_k)}(t_{l_k})} \right),$$

где: $a_{ij}^{(l_k)}(t_{l_k})$ – показатель парирования i -й угрозы безопасности в военно-технической сфере на основе применения j -й меры противодействия в которой внедрены результаты l_k -й ФПИ на момент времени t_{l_k} .

При этом будем предполагать, что внедрение результатов l_k -й ФПИ в образцы ВВСТ не могут ухудшить показатели степени парирования угроз безопасности в военно-технической сфере (то есть $\forall i, j, l_k: a_{ij}^{(l_k)}(t_{l_k}) \geq a_{ij}(t_{l_k})$). Показатель $a_{ij}^{(l_k)}(t_{l_k})$ может быть оценен на основе вербально-числовой шкалы, приведенной в таблице 1.

Тогда с учетом введенного показателя значимости ФПИ задача оптимизации (1) может быть преобразована к следующему виду: для каждого рассматриваемого интервала времени t_k к постановке и реализации в образцах ВВСТ необходимо выбрать такой

перечень ФПИ из ранее не выбранных, для которых выполняются условия:

$$X^*(t_k) = \operatorname{argmax}_{X(t_k)} \sum_{l_k=1}^{L_k} \beta_{l_k} \cdot x_{l_k}$$

при ограничениях:

$$\sum_{l_k=1}^{L_k} c_{\text{вып}_{l_k}} \cdot x_{l_k} < C_{\text{вып}}^{\text{доп}}(t_k),$$

$$\sum_{l_k=1}^{L_k} c_{\text{реал}_{l_k}} \cdot x_{l_k} < C_{\text{реал}}^{\text{доп}}(t_k), \quad \forall l_k: t_{l_k} \cdot x_{l_k} \leq T_{\text{доп}}(t_k),$$

где x_{l_k} принимает значение 1 если l_k -я ФПИ на k -м этапе выбора принимается к постановке и реализации в образцах ВВСТ, и значение 0 – в противном случае;

$c_{\text{вып}_{l_k}}$ – стоимость выполнения l_k ФПИ;

$c_{\text{реал}_{l_k}}$ – стоимость реализации результатов l_k ФПИ в образцах ВВСТ.

Задача (6) сформулирована как задача дискретной булевой оптимизации и для ее решения могут быть применены как точные, так и приближенные методы решения, например, [8].

Заключение

Следует отметить, что в рассматриваемой методике меры противодействия принимаются несколько упрощенно (как совокупность существующих, новых (модернизируемых) и перспективных образцов ВВСТ), кроме того меры противодействия угрозам безопасности принимаются как исходные данные. Выбор перечня мер противодействия угрозам безопасности РФ, их компоновка в виде совокупности существующих, новых (модернизируемых) и перспективных образцов ВВСТ, увязки ТТХ перспективных образцов ВВСТ с результатами выполнения ФПИ представляет собой ряд отдельных и достаточно сложных научно-технических задач, которые выходят за рамки настоящей статьи.

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить потенциал отечественной науки по возможности парирования возникающих угроз безопасности Российской Федерации в научно-технической сфере, а также сформировать портфель ФПИ в интересах обороны и безопасности государства на долгосрочную перспективу с использованием сценарного подхода.

Список использованных источников

1. Методические указания по формированию долгосрочного прогноза приоритетных направлений развития российской науки в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства – М.: 46 ЦНИИ МО РФ, 2014.
2. Никифоров А.Д. Теоретические основы прогнозирования в технике и технологии: Учебник / А.Д. Никифоров, А.Н. Ковшов, А.Г. Схиртладзе. – М.: Высшая школа, 2010. – 519 с.
3. Шурыгин А.М. Математические методы прогнозирования: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 180 с.
4. Соколов А.В., Чулок А.А. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты. – М.: Форсайт, 2010.
5. Тимофеева Н.М. Рекомендации по технологическому прогнозированию. – М.: Академия прогнозирования, 2003.
6. Лясковский В.Л., Смирнов С.С., Пронин А.Ю. Методика оценки компетентности экспертов процессе формировании предложений в проекты программных документов // Вооружение и экономика. – 2013. – № 4.
7. Математические методы в теории систем / Под. ред. Колмогорова А.Н. – М.: 1979.
8. Борисенков И.Л., Смирнов С.С., Лясковский В.Л. Методика выбора состава исследований на основе унифицированных процедур // Компетентность. – 2013. – № 3, 4.