А.В.Швырков

Методический подход к прогнозированию временных и стоимостных показателей мероприятий по разработке перспективных образцов вооружения и военной техники в рамках формирования государственной программы вооружения[1]

Статья посвящена решению актуальной проблемы прогнозирования временных и стоимостных показателей мероприятий по разработке перспективных образцов вооружения и военной техники в рамках формирования государственной программы вооружения. Решение данной задачи предлагается осуществлять с использованием анализа исходной информации о параметрах функционирования предприятий и организаций оборонно-промышленного комплекса России – потенциальных разработчиков образцов вооружения и военной техники.

Одной из важнейших задач, решаемых органами государственного и военного управления в ходе формирования государственной программы вооружения (ГПВ), является обоснование технико-экономических (временных и стоимостных) показателей ее мероприятий [1].

В соответствии с этапностью формирования ГПВ, утвержденной Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации в рамках Единых методических материалов по формированию государственных программ вооружения 30 января 2013 года, оценку технико-экономических показателей мероприятий ГПВ, проводит Минпромторг России по исходным данным государственных заказчиков вооружения и военной техники (ВВТ). В то же время, при отсутствии в настоящее время согласованного на межведомственном уровне научно-методического обеспечения, формируемые Минпромторгом России оценки технико-экономических показателей подлежат верификации для подтверждения их обоснованности, которая может быть осуществлена путем одновременного прогнозирования этих показателей государственными заказчиками ВВТ, включая основного из них – Минобороны России.

Сравнение результатов прогноза технико-экономических показателей мероприятий ГПВ, получаемых с использованием различной методической базы и исходных данных, позволит повысить достоверность их значений, что является одним из ключевых факторов обеспечения реализуемости ГПВ.

Решение указанной задачи особенно важно при планировании мероприятий по разработке перспективных образцов ВВТ, то есть проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), когда государственному заказчику ВВТ известна лишь часть предпочтительных, с его точки зрения, значений тактико-технических характеристик (ТТХ) планируемых к разработке образцов ВВТ.

Исходя из того, что мероприятия по разработке перспективных образцов ВВТ носят, как правило, инновационный характер и потому связаны со значительными рисками их нереализации, обоснование технико-экономических показателей этих мероприятий непосредственно связано с анализом состояния и прогнозированием развития финансово-экономического, научно-технического и производственно-технологического потенциалов предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) – разработчиков ВВТ [2]. Ре-

1 Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации по поддержке ведущих научных школ НШ-3850.2012.10.

зультаты оценки динамики этих потенциалов позволят судить об эффективности функционирования предприятий ОПК и их возможностей по разработке перспективных образцов ВВТ.

В качестве методической основы решения задачи предлагается положить зависимость значений технико-экономических показателей мероприятий ГПВ от трендов развития потенциалов предприятий ОПК, тем более, что необходимая для этого информация более доступна для государственного заказчика, нежели данные о текущем состоянии конкретных оборонных предприятий.

В то же время, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.08.2007 г. № 549, при формировании ГПВ Минобороны России неизвестны конкретные предприятия ОПК, которые будут исполнителями НИОКР по разработке перспективных образцов ВВТ. Исключение составляют лишь те НИОКР, контракты по которым заключены до начала нового программного периода и могут быть выполнены единственным исполнителем. Этот факт существенно усложняет задачу прогнозирования, вынуждая Минобороны России проводить анализ всех предприятий ОПК, которые могут выступать в роли головных разработчиков ВВТ по различным направлениям, в том числе предприятий – разработчиков ВВТ, входящих в действующие интегрированные структуры ОПК (как потенциальных участников конкурсов на разработку образцов ВВТ).

Помимо этого, как показывает практика создания перспективных образцов ВВТ, головные предприятия – разработчики ВВТ создают широкую кооперацию соисполнителей, участвующих в разработке составных частей финальных образцов ВВТ. Состав кооперации может быть различным вследствие различных конструкторских, технических и других особенностей разработки. Таким образом, прогнозирование состава и возможностей кооперации соисполнителей по разработке образцов ВВТ является достаточно сложной задачей.

Одним из возможных выходов из данной ситуации является рассмотрение всего спектра предприятий ОПК – потенциальных головных разработчиков перспективных образцов ВВТ только с учетом статистических данных о разработанной (произведенной) ими ранее продукции военного назначения. Как показывает практика, головные разработчики стремятся сохранить сложившиеся кооперационные связи и привлечь к исполнению очередных заказов соисполнителей, ранее участвовавших в кооперации. Поэтому, учет статистических данных о ходе разработки образцов ВВТ предприятиями ОПК – потенциальными головными разработчиками в совокупности с соисполнителями обеспечит оценку вклада в эффективность проведения НИОКР всей кооперацией предприятий-соисполнителей.

Наличие известных методов прогнозирования (статистических, эвристических), которые могут быть использованы для решения поставленной в статье задачи, определяет множество различных подходов к ее решению в зависимости от имеющихся в распоряжении Минобороны России соответствующего научно-методического обеспечения и состава необходимых исходных данных [3]. Однако на практике актуальную информацию о состоянии предприятий ОПК можно, как правило, получить только в области их финансово-экономического и производственно-технологического состояния.

Такая информация, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.12.2005 г. № 792 «Об организации проведения учета и анализа финансового состояния стратегических предприятий и организаций и их платежеспособности», представляет собой финансовую отчетность эмитентов (форма №2 «Отчет о прибылях и убытках» приложения к бухгалтерскому балансу). Помимо этого, в рамках выполнения Постановления Правительства Российской

Федерации от 05.12.2005 г. № 724 «О порядке разработки проекта государственного оборонного заказа и его основных показателей», стратегические предприятия ОПК обязаны предоставлять вышестоящим федеральным органам исполнительной власти сведения о проблемных вопросах в области технического перевооружения объектов, предназначенных для обеспечения нужд обороны и безопасности Российской Федерации. Кроме того, значительный объем такого рода информации накапливается у государственных заказчиков по ходу проведения конкурсов при размещении заданий ГОЗ.

Анализ текущих значений потенциалов конкретного предприятия ОПК и ТТХ образцов ВВТ, разработанных им в предыдущем программном периоде, позволяет осуществить прогноз значений ТТХ, которые могут быть достигнуты данным предприятием и за какой срок при существующих темпах изменения потенциалов предприятия. Исходя из того, что стоимость и продолжительность разработки ВВТ зависят от ТТХ создаваемого образца ВВТ, прогнозирование возможностей предприятий в целом позволит Минобороны России проводить оценку сроков и стоимости разработки перспективных образцов ВВТ. Для комплексной оценки возможностей предприятий ОПК на программном периоде предлагается использовать функцию их эффективности.

Значения такой функции могут определяться различными способами. В рамках настоящей статьи автором выбрана функция свертки финансово-экономического, научно-технического и производственно-технологического потенциалов предприятия ($W(t)$), значения которой лежат в диапазоне от 0 до 1 [5]. Прогнозирование значения показателя функции эффективности функционирования предприятия ОПК $W(t)$ позволит определить временные и стоимостные показатели разработки на нем перспективного образца ВВТ. Для этого необходимо иметь соответствующую модель, характеризующую динамику разработки образца ВВТ от изменения величины эффективности функционирования предприятия [4].

Результаты исследований процессов развития различных отраслей науки и техники показывают, что изменение во времени параметров различных систем подчиняется, как правило, экспоненциальному закону [5]. Для большинства случаев характерно плавное количественное, эволюционное изменение параметра во времени до определенного предела. Вначале эти изменения идут быстро, затем изменения характеристик во времени замедляются и начинается поиски путей качественных изменений системы. Дальнейший процесс сопровождается скачкообразным ростом или уменьшением параметра системы путем качественного революционного изменения.

Такие модели характерны и в отношении процесса создания перспективных (прорывных) технологий и изделий, включая образцы ВВТ. Так, процесс разработки образца ВВТ можно представить как формирование некоторого его исходного варианта и проведение совокупности конструктивных итераций, связанных с постепенным повышением характеристик первоначального варианта до требуемого уровня. В данном случае под итерациями следует понимать проведение отработок, испытаний, пошаговую реализацию новых решений в проекте по сравнению с исходным вариантом, а также комплекс иных мер, приводящих к изменению характеристик образца ВВТ в процессе его разработки. В результате этих мероприятий характеристики образца ВВТ в ходе его разработки постепенно приближаются и, в конечном счете, отвечают требуемому уровню. Таким образом, процесс создания перспективных образцов ВВТ можно рассматривать как функцию времени на основе модели вида (1), аналогичной известным моделям роста надежности изделий в процессе их отработки [4]:

$$H = 1 - (1 - H_0) \cdot e^{-\bar{W} \cdot T^{пер}}, \qquad (1)$$

где:

H – интегральное нормированное значение, характеризующее совокупность требуемых значений ТТХ перспективного образца ВВТ, $0 \leqslant H < 1$;

H_0 – начальное интегральное нормированное значение, характеризующее совокупность значений ТТХ, которое может обеспечить предприятие ОПК исходя из совокупности его потенциалов, определенных на дату начала разработки перспективного образца ВВТ, $0 \leqslant H_0 < 1$;

$\bar{W}$ – среднее значение показателя функции эффективности функционирования предприятия ОПК в планируемый программный период;

$T^{пер}$ – ориентировочная продолжительность выполнения мероприятий по разработке перспективного образца ВВТ.

На практике в качестве значений H и H_0 могут использоваться например [1]:

- нормированные значения боевых потенциалов образцов ВВТ;

- показатели «технического совершенства» образцов ВВТ по отношению к аналогичным зарубежным образцам – аналогам;

- коэффициенты качества образцов ВВТ и другие.

Прологарифмировав обе части уравнения (1) определим значение $T^{пер}$:

$$T^{пер} = \frac{\ln(1-H_0) - \ln(1-H)}{\bar{W}}. \qquad (2)$$

В данном случае, если требуемое значение H принять максимально близким к единице ($\lim H \to 1$), то значение H_0 должно характеризовать его «близость» к данному требуемому значению: $0 \leqslant H_0 < H$. Чем ближе значение H_0 находится к значению H, тем меньше времени необходимо предприятию ОПК на разработку образца ВВТ.

Как видно из формулы (2), вероятность такого прогноза определяется вероятностными характеристиками входящих в формулу показателей. Учитывая, что показатели H и H_0 определяются экспертно, то вероятность рассчитанной ориентировочной продолжительности выполнения мероприятий по разработке перспективного образца ВВТ определяется исключительно вероятностью эффективного функционирования предприятия ОПК.

Таблица 1 – Ориентировочные сроки разработки перспективного образца ВВТ (в годах), H0=0,01, H=0,99

Эффективность функционирования предприятия (W)	Имеющиеся на дату начала разработки образца ВВТ возможности предприятия ОПК по достижению требуемых значений его ТТХ (H0)										
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,99
0,01	105,31	103,41	101,07	98,41	95,34	91,71	87,27	81,54	73,46	59,66	13,80
0,1	52,66	51,71	50,53	49,20	47,67	45,85	43,63	40,77	36,73	29,83	6,90
0,2	26,33	25,85	25,27	24,60	23,83	22,93	21,82	20,38	18,37	14,91	3,45
0,3	17,55	17,24	16,84	16,40	15,89	15,28	14,54	13,59	12,24	9,94	2,30
0,4	13,16	12,93	12,63	12,30	11,92	11,46	10,91	10,19	9,18	7,46	1,73
0,5	10,53	10,34	10,11	9,84	9,53	9,17	8,73	8,15	7,35	5,97	1,38
0,6	8,78	8,62	8,42	8,20	7,94	7,64	7,27	6,79	6,12	4,97	1,15
0,7	7,52	7,39	7,22	7,03	6,81	6,55	6,23	5,82	5,25	4,26	0,99
0,8	6,58	6,46	6,32	6,15	5,96	5,73	5,45	5,10	4,59	3,73	0,86
0,9	5,85	5,75	5,61	5,47	5,30	5,09	4,85	4,53	4,08	3,31	0,77
1	5,32	5,22	5,10	4,97	4,82	4,63	4,41	4,12	3,71	3,01	0,11

Зависимость (2) позволяет определить ориентировочные сроки разработки перспективного образца ВВТ исходя из имеющихся на дату начала разработки образца возможностей предприятия ОПК по достижению требуемых значений его ТТХ. Для примера, в та-

блице 1 и на рисунке 1 представлены ориентировочные сроки разработки перспективного образца ВВТ на предприятиях ОПК, имеющих различный уровень эффективности. При этом интегральное значение, характеризующее совокупность требуемых ТТХ перспективного образца ВВТ, принято за единицу.

Следует учесть, что основной особенностью формулы (2) является возможность определения сроков разработки перспективного образца ВВТ «с нуля», то есть при отсутствии аналогов разрабатываемому образцу, что крайне важно, к примеру, для определения сроков разработки образцов нетрадиционного вооружения.

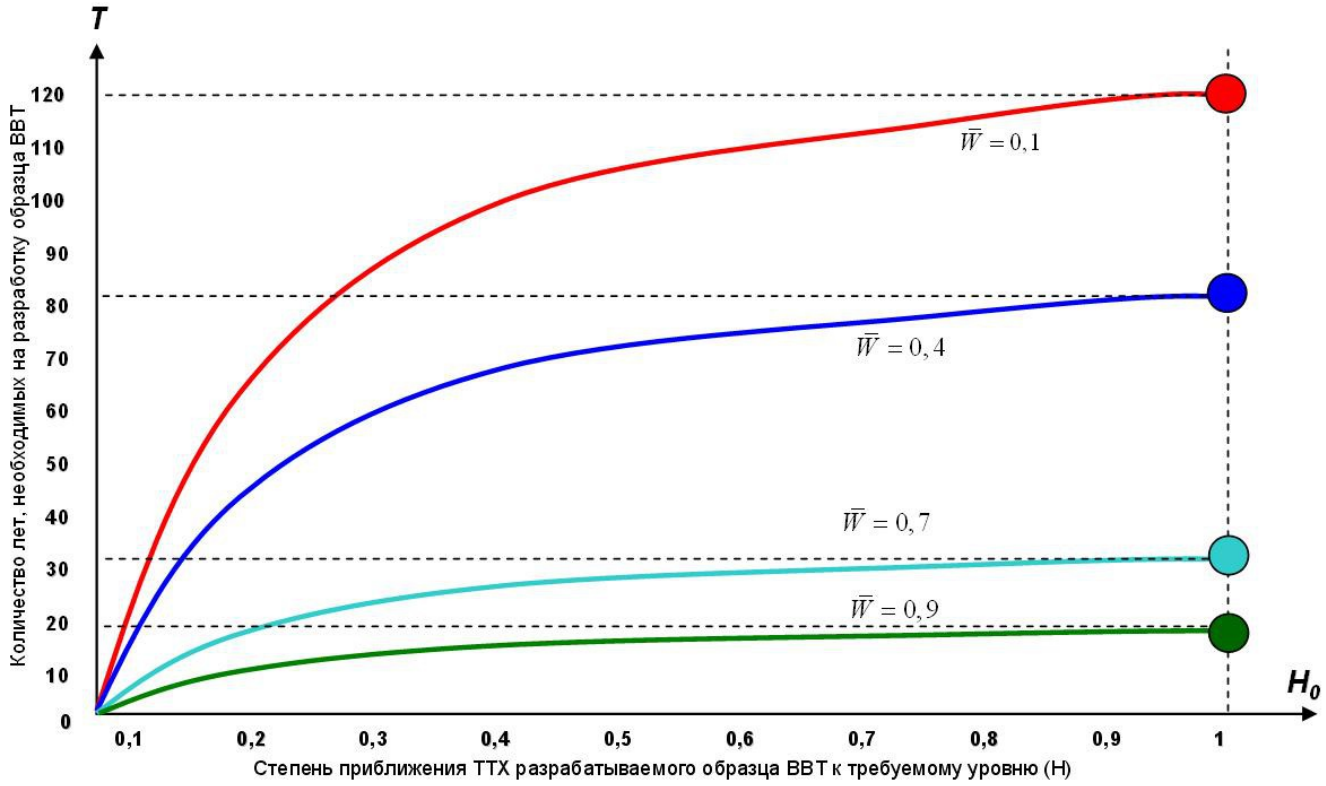

Рисунок 1 – Изменение длительности мероприятий по разработке образца ВВТ в зависимости от достижения требуемых ТТХ на предприятиях ОПК, имеющих различный уровень эффективности функционирования, H_0 =0,01, H=0,99

Анализ статистической информации по НИОКР в области разработки перспективных образцов ВВТ, вошедших в ГПВ-2015 и ГПВ-2020 и реализуемых в соответствующих ГОЗ в период 2007-2012 гг., позволил определить удельные веса сроков проведения НИР $\left(a_j^{НИР}\right)$ и ОКР $\left(a_j^{ОКР}\right)$ по таким образцам в общей продолжительности НИОКР. Результаты проведенного анализа, сгруппированные по основным типам ВВТ, представлены в таблице 2.

Зная удельные веса сроков проведения НИР и ОКР по разработке перспективных образцов ВВТ в суммарной продолжительности НИОКР, в итоге, с использованием формулы (2) можно определить сроки проведения отдельных этапов НИОКР разрабатываемого образца ВВТ:

$$T^{НИР} = T^{пер} \cdot a_j^{НИР}, \quad (3)$$

$$T^{ОКР} = T^{пер} \cdot a_j^{ОКР} = T^{пер} - T^{НИР}, \quad (4)$$

$$T^{ЭП(ТП)} = T^{пер} \cdot a_j^{ЭП(ТП)}, \quad (5)$$

$$T^{РКД} = T^{пер} \cdot a_j^{РКД}, \quad (6)$$

$$T^{ИОО} = T^{пер} \cdot a_j^{ИОО}, \quad (7)$$

$$T^{ПИ(ГИ)} = T^{пер} \cdot a_j^{ПИ(ГИ)}, \quad (8)$$

$$T^{ККД} = T^{пер} \cdot a_j^{ККД}, \quad (9)$$

где:

$T^{пер}$ – рассчитанная суммарная продолжительность проведения НИОКР;

$T^{НИР}$, $T^{ОКР}$ – рассчитанная продолжительность проведения НИР и ОКР;

$T^{ЭП(ТП)}$, $T^{РКД}$, $T^{ИОО}$, $T^{ПИ(ГИ)}$, $T^{ККД}$ – рассчитанная продолжительность проведения этапов ОКР – эскизного и технического проектирования (ЭП (ТП)), разработки рабочей конструкторской документации (РКД), наладки опытного производства и изготовления опытных образцов (ИОО), проведения предварительных и государственных испытаний (ПИ (ГИ)), корректировки конструкторской документации (ККД);

$a^{ЭП(ТП)}$, $a^{РКД}$, $a^{ИОО}$, $a^{ПИ(ГИ)}$, $a^{ККД}$ – удельные веса сроков проведения соответствующих этапов ОКР в суммарной продолжительности проведения НИОКР.

Таблица 2 – Удельные веса сроков проведения НИР* и ОКР по разработке перспективных образцов ВВТ в суммарной продолжительности НИОКР** (по данным образцам), в долях

№ п/п	Тип ВВТ	Удельный вес сроков проведения НИР, $\alpha_j^{НИР}$	Удельные веса сроков проведения этапов ОКР в суммарной продолжительности проведения НИОКР					
			Общий удельный вес сроков проведения ОКР, $\alpha_j^{ОКР}$	Общий удельный вес сроков проведения ЭП (ТП), $\alpha_j^{ЭП(ТП)}$	Общий удельный вес сроков проведения РКД, $\alpha_j^{РКД}$	Общий удельный вес сроков проведения ИОО, $\alpha_j^{ИОО}$	Общий удельный вес сроков проведения ПИ (ГИ), $\alpha_j^{ПИ(ГИ)}$	Общий удельный вес сроков проведения ККД, $\alpha_j^{ККД}$
1	Стратегические ракетные комплексы наземного базирования	0,15	0,85	0,05	0,16	0,54	0,07	0,03
2	Командные пункты, средства боевого управления и связи	0,19	0,81	0,08	0,22	0,37	0,09	0,05
3	Ракетные подводные крейсеры специального назначения	0,13	0,87	0,06	0,12	0,61	0,05	0,03
4	Средства контроля космического пространства	0,16	0,84	0,06	0,27	0,38	0,10	0,04
5	Средства предупреждения о ракетном нападении	0,16	0,84	0,05	0,18	0,51	0,07	0,03
6	Средства противоракетной обороны	0,14	0,86	0,09	0,15	0,52	0,08	0,03
7	Средства противокосмической обороны	0,15	0,85	0,08	0,13	0,52	0,09	0,04
8	Самолеты специального назначения	0,13	0,87	0,07	0,18	0,49	0,09	0,04
9	Военно-транспортные самолеты	0,10	0,90	0,06	0,15	0,57	0,08	0,04
10	Разведывательно-ударные комплексы	0,09	0,91	0,10	0,22	0,45	0,08	0,05
11	Наземное ракетное вооружение, ЗУР	0,07	0,93	0,08	0,23	0,32	0,11	0,19
12	Зенитно-ракетное вооружение	0,12	0,88	0,01	0,26	0,45	0,11	0,05
13	Наземное артиллерийское вооружение	0,07	0,93	0,10	0,21	0,46	0,10	0,05
14	Противотанковое вооружение	0,09	0,91	0,10	0,27	0,37	0,12	0,05
15	Танки	0,10	0,90	0,10	0,18	0,49	0,09	0,04
16	Боевые машины	0,08	0,92	0,10	0,22	0,47	0,09	0,04
17	Подводные лодки	0,10	0,90	0,04	0,10	0,66	0,06	0,04
18	Надводные корабли и катера	0,09	0,91	0,05	0,12	0,63	0,07	0,04
19	Радиотехническое вооружение	0,19	0,81	0,07	0,20	0,42	0,08	0,04
20	Автоматизированные системы управления	0,21	0,79	0,08	0,22	0,40	0,07	0,03
21	Военная автомобильная техника	0,04	0,96	0,11	0,30	0,39	0,11	0,06
22	Военная инженерная техника	0,06	0,94	0,10	0,28	0,41	0,11	0,05

* – данные представлены только для НИР, направленных непосредственно на обоснование облика образца ВВТ, его характеристик и возможностей, без учета системных НИР общего характера и НИР по сопровождению разработки ВВТ;

** – для краткости в таблице введены следующие обозначения: ЭП – эскизное проектирование; ТП – техническое проектирование; РКД – разработка рабочей конструкторской документации; ИОО – наладка опытного производства и изготовление опытных образцов; ПИ – проведение предварительных испытаний; ГИ – проведение государственных испытаний; ККД – корректировка конструкторской документации.

Определив ориентировочные сроки разработки образца ВВТ далее для расчета ее стоимостных показателей можно использовать известные методы, основными из которых являются [3, 6]:

- калькуляционный метод, основанный на оценке стоимости всей совокупности работ по разработке образца ВВТ;

- агрегатный метод, который заключается в суммировании стоимостных показателей отдельных конструктивных элементов (составных частей) разрабатываемого образца ВВТ с добавлением стоимости оригинальных узлов, затрат на сборку и нормативной прибыли;

- аналого-сопоставительный метод, характеризующийся на определении стоимости разработки перспективного образца ВВТ на основе данных об имеющихся аналогах этого образца;

- метод удельных показателей, основанный на определении стоимости разработки образца ВВТ путем выделения одной (в отдельных случаях – нескольких) основной характеристики, величина которой в значительной мере определяет общий уровень стоимости образца;

- метод регрессионного анализа, заключающийся в определении зависимости стоимости разработки образца ВВТ от величин его ТТХ;

- балльный метод, состоящий в определении (на основе экспертных оценок) значимости каждой из рассматриваемых ТТХ разрабатываемого образца ВВТ и построении интегральной оценки «совершенства» этого образца.

Наличие такого широкого спектра методов определения стоимости разработки образцов ВВТ связано с особенностями их применения и наличием соответствующих исходных данных.

Так, к примеру, калькуляционный метод, хотя и используется в настоящее время в Минобороны России в качестве основного [1], слабо применим для оценки стоимости разработки сложных высокотехнологичных образцов ВВТ, отличающихся новизной технологических решений, исследовательских, экспериментальных, испытательных работ, когда зачастую не представляется возможным заранее определить номенклатуру и объем всех необходимых для проведения НИОКР операций.

Для применения агрегатного метода необходимо знание стоимостных показателей отдельных конструктивных элементов (составных частей) разрабатываемого образца ВВТ, что также затруднительно в случае разработки и использовании при создании образца ВВТ элементов (составных частей), не имеющих аналогов, определить стоимость которых до начала этапа разработки не представляется возможным.

Аналого-сопоставительный метод может использоваться только для определения стоимости образцов ВВТ, конструкция которых принципиально не меняется.

Метод удельных показателей игнорирует все другие характеристики образца ВВТ, кроме основной (рассматриваемой).

Использование метода регрессионного анализа основано на обработке больших объемов статистической информации и проведении целого комплекса подготовительных мероприятий, связанных с выявлением минимально-необходимого множества ТТХ, имеющих наименьшую корреляцию. Различие в назначении и характеристиках разнотипных образцов ВВТ, находящихся на вооружении видов (родов) Вооруженных Сил Российской Федерации, требует проведения предварительных мероприятий по выявлению важнейших ТТХ каждого из типов ВВТ для использования метода регрессионного анализа. Это существенно повышает сложность решаемой задачи и, зачастую, делает указанный метод слабоприменимым на практике.

Перечисленные особенности методов определения стоимости разработки образцов ВВТ в определенных случаях являются их недостатками. Единственным свободным от

таких недостатков методом является балльный метод. Несмотря на субъективизм получаемого в итоге результата, данный метод позволяет учитывать значимость каждой из ТТХ образца ВВТ в ходе определения суммарных стоимостных показателей проведения НИОКР по его разработке.

Суть балльного метода состоит в том, что на основе экспертных оценок значимости отдельных ТТХ образца ВВТ, являющегося аналогом разрабатываемого перспективного образца, каждой из ТТХ присваивается определенное число баллов, суммирование которых дает интегральную оценку «совершенства» образца. Таким образом, вначале определяется цена одного балла ($C^{1б}(t_p)$):

$$C^{1б}(t_p)=\frac{C^{ан}(t_p)}{\sum_{i=1}^{I}(B_i^{ан}V_i)},\quad \sum_{i=1}^{I}V_i=1, \qquad (10)$$

где:

$C^{ан}(t_p)$ – стоимость разработки образца ВВТ – аналога, приведенная к расчетному моменту времени t_p;

$B_i^{ан}$ – балльная оценка *i*-ой ТТХ образца – аналога;

V_i – вес *i*-ой ТТХ;

I – количество рассматриваемых ТТХ.

Затем определяется стоимость разработки перспективного образца ВВТ ($C^{пер}(t_p)$) на расчетный момент времени t_p:

$$C^{пер}(t_p)=C^{1б}(t_p)\sum_{i=1}^{I}(B_i^{пер}V_i),\quad \sum_{i=1}^{I}V_i=1, \qquad (11)$$

где $B_i^{пер}$ – балльная оценка *i*-ой ТТХ разрабатываемого перспективного образца ВВТ.

При наличии аналога разрабатываемому перспективному образцу ВВТ, использование формул (10)-(11) не вызывает проблем. Однако в случае отсутствия аналога эти формулы неприменимы. Для решения данной проблемы модифицируем представленный балльный метод в направлении учета особенностей разработки образцов ВВТ, не имеющих аналогов либо имеющих аналоги только по ограниченному множеству характеристик.

Пусть $TTX^{пер}=\{TTX_1^{пер},\ldots,TTX_I^{пер}\}$ – множество ТТХ разрабатываемого перспективного образца ВВТ, а $TTX^{ан}=\{TTX_1^{ан},\ldots,TTX_J^{ан}\}$ – множество ТТХ образца ВВТ, максимально подходящего на роль аналога разрабатываемого образца. В таком случае имеется пересечение данных множеств $TTX^{общ}=TTX^{пер}\,U\,TTX^{ан}\neq\emptyset$, однако также имеется некоторое множество ТТХ $(TTX^{нов}\notin TTX^{общ})$, присущих исключительно разрабатываемому образцу. Помимо этого, стоимостные оценки мероприятий по разработке перспективного образца ВВСТ должны быть скорректированы с учетом трендов развития потенциалов *q*-го предприятия – разработчика: положительный тренд снижает стоимость, поскольку растет производительность труда на предприятии, а отрицательный – увеличивает стоимость разработки.

Тогда стоимость разработки такого образца $(C^{пер}(t_p))$ на *q*-ом предприятии ОПК (с учетом прогнозной эффективности его функционирования) будет равна:

$$C^{пер}(t_p)=\frac{1}{\bar{W}_q}(K^{общ}G^{пер/ан}C^{ан}(t_p)+C^{нов}(t_p)), \qquad (12)$$

где:

$\bar{W}_q$ – среднее значение показателя функции эффективности функционирования q-го предприятия ОПК в планируемый программный период;

$C^{ан}(t_p)$ – стоимость разработки образца ВВТ-аналога;

$K^{общ}$ – коэффициент, определяющий «вклад» ТТХ, общих для перспективного образца ВВТ и образца-аналога ($TTX^{общ}$), в стоимость разработки образца-аналога;

$G^{пер/ан}$ – коэффициент, характеризующий улучшение (ухудшение) совокупности значений соответствующих ТТХ разрабатываемого

перспективного образца ВВТ и ТТХ образца-аналога;

$C^{нов}(t_p)$ – стоимость разработки для перспективного образца ВВТ дополнительных, не использованных ранее, конструктивных элементов (составных частей), присущих только данному образцу.

Коэффициент $K^{общ}$ можно рассчитать, применяя формулы (10) и (11). Вначале, с использованием формулы (10), необходимо определить цену одного балла ($C^{1Б}(t_p)$) образца-аналога. Затем, применяя формулу (11), можно определить стоимость разработки этого же образца-аналога ($C^{ан}(t_p)$) так, если бы он обладал только теми ТТХ, которые являются общими как для аналога, так и для перспективного образца ВВТ ($TTX^{общ}$):

$$C^{ан}(t_p) = C^{1Б}(t_p)\sum_{r=1}^{R}\left(B_r^{TTX^{общ}} V_r^{TTX^{общ}}\right), \quad (13)$$

где:

R – количество ТТХ, присущих как перспективному образцу ВВТ, так и образцу-аналогу;

$B_r^{TTX^{общ}}$ – балльная оценка r-ой общей ТТХ для образца-аналога;

$V_r^{TTX^{общ}}$ – весомость r-ой общей ТТХ.

Определив значение $C^{ан}(t_p)$, найдем искомый коэффициент $K^{общ}$:

$$K^{общ} = \frac{C^{ан}(t_p)}{C^{ан}(t_p)}. \quad (14)$$

Коэффициенты $G^{пер/ан}$ по каждой r-й ТТХ, присущей перспективному образцу ВВТ и образцу-аналоге ($TTX^{общ}$), определяется с использованием формулы (11):

$$G^{пер/ан} = \frac{\sum_{r=1}^{R}(B_r^{пер} V_r)}{\sum_{r=1}^{R}(B_r^{ан} V_r)}, \quad (15)$$

где:

$B_r^{пер}$ – балльная оценка r-ой общей ТТХ для перспективного образца ВВТ;

$B_r^{ан}$ – балльная оценка r-ой общей ТТХ для образца-аналога;

V_r – вес r-ой общей ТТХ.

Формулы (12)-(15) также могут быть использованы в случае наличия у перспективного образца ВВТ более одного аналога. К примеру, необходимо разработать перспективный образец ВВТ ($OBR^{пер}$), обладающий характеристиками $TTX_1^{ан} = \{TTX_{11}^{ан}, TTX_{12}^{ан}\}$ 1-го образца-аналога ($OBR_1^{ан}$) и характеристиками $TTX_2^{ан} = \{TTX_{21}^{ан}, TTX_{22}^{ан}, TTX_{23}^{ан}\}$ 2-го образца-аналога ($OBR_2^{ан}$), а остальные характеристики перспективного образца ВВТ присущи только ему. Тогда стоимость разработки перспективного образца будет равна:

$$C^{пер}(t_p) = \frac{1}{\bar{W}_q}\left(K_1^{общ} \cdot G_1^{пер/ан_1} \cdot C_1^{ан}(t_p) + K_2^{общ} \cdot G_2^{пер/ан_2} \cdot C_2^{ан}(t_p) + C^{нов}(t_p)\right). \quad (16)$$

Распространив полученный результат для общего случая, получим:

$$C^{пер}(t_p) = \frac{1}{\bar{W}_q}\sum_{k=1}^{KOLOBR}\left(K_k^{общ} \cdot G_k^{пер/ан_k} \cdot C_k^{ан}(t_p) + C^{нов}(t_p)\right). \quad (17)$$

где:

$KOL\ OBR$ – количество образцов-аналогов для рассматриваемого перспективного образца ВВТ.

Величину стоимости разработки новых, не использованных ранее в других образцах ВВТ конструктивных элементов (составных частей) перспективного образца ВВТ ($C^{нов}(t_p)$) можно определить только калькуляционным, либо агрегатным методом. Однако, как было сказано ранее, на практике такая возможность зачастую появляется только на конечных этапах разработки ВВТ. Поэтому на этапе формирования ГПВ для решения указанной задачи наиболее часто используют экспертные методы [1].

Решение этой задачи облегчается тем, что ранее были оценены потенциалы предприятий ОПК, которые должны дать экспертам возможность оценить стоимость разработки новых конструктивных элементов (составных частей) перспективного образца ВВТ более точно.

Для определения значения $C^{нов}(t_p)$ необходимо определить стоимость разработки новых конструктивных элементов (составных частей), внедрение которых в перспективный образец ВВТ позволит достичь требуемых заказчиком значений S новых ТТХ, присущих только разрабатываемому образцу:

$$TTX^{нов} = \{TTX_1^{нов}, \ldots, TTX_S^{нов}\},$$

$$TTX^{нов} \notin TTX^{общ}.$$

Для этого привлекаются М экспертов, выставляющих оценки (x_{ij}) по каждой из S ТТХ, после чего формируется матрица, пример которой представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Пример матрицы результатов экспертной оценки

Эксперт	Экспертная оценка стоимости достижения отдельных ТТХ при разработке новых конструктивных элементов (составных частей) перспективного образца ВВТ					
	$TTX^{нов}_1$	$TTX^{нов}_2$	…	$TTX^{нов}_s$	…	$TTX^{нов}_S$
1-й	x_{11}	x_{12}	…	x_{1s}	…	x_{1S}
2-й	x_{21}	x_{22}	…	x_{2s}	…	x_{2S}
…	…	…	…	…	…	…
m-й	x_{m1}	x_{m2}	…	x_{ms}	…	x_{mS}
…	…	…	…	…	…	…
М-й	x_{M1}	x_{M2}	…	x_{Ms}	…	x_{MS}

В таблице 3 x_{ms} – оценка стоимости достижения $TTX_s^{нов}$, данная m-м экспертом. Для получения среднего значения стоимости достижения s-й ТТХ ($TTX_s^{нов}$) используется формула:

$$C_s^{нов}(t_p) = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} x_{ms}. \qquad (18)$$

Для определения степени разброса отдельных оценок и согласованности мнений экспертов рассчитываются дисперсия, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Как правило, допустимое значение коэффициента вариации не превышает 0,2 [5, 6]. Значения коэффициентов вариации, лежащие в допустимом диапазоне, свидетельствуют об адекватности полученных оценок $C_s^{нов}(t_p)$. В противном случае экспертное оценивание проводят с привлечением другой группы экспертов.

Сумма определенных с использованием формулы (18) значения $C_s^{нов}(t_p)$ является недостающим слагаемым для формул (12), (16) и (17):

$$C^{нов}(t_p) = \sum_{s=1}^{S} C_s^{нов}(t_p), \qquad (19)$$

где S – количество оцененных экспертами ТТХ разрабатываемого перспективного образца ВВТ, присущих только ему.

Рассчитав по формуле (17) суммарную стоимость разработки перспективного образца ВВТ, далее целесообразно определить объемы финансирования такой разработки по годам программного периода. Для этого предпочтительно использовать результаты, полученные в рамках предыдущих исследований в рассматриваемой области. В частности, в Методике определения допустимой стоимости разработки и серийного производства образцов ВВТ на начальных стадиях жизненного цикла образцов ВВТ и учета экономических факторов, оказывающих влияние на

принятие решений при обосновании и формировании государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа (утверждена Статс-секретарем – первым заместителем Министра обороны Российской Федерации 23.10.2000 г.) приведены научно-обоснованные значения удельных весов стоимости проведения отдельных этапов НИОКР. Объединив эти данные согласно структуры типов ВВТ, указанных в таблице 2, получим результат, представленный в таблице 4.

Таблица 4 – Удельные веса стоимости проведения НИР и ОКР по разработке перспективных образцов ВВТ в суммарной стоимости НИОКР (по данным образцам), в долях

№ п/п	Тип ВВТ	Удельный вес стоимости проведения НИР, $\beta_j^{НИР}$	Удельные веса стоимости проведения этапов ОКР в суммарной продолжительности проведения НИОКР					
			Общий удельный вес стоимости проведения ОКР, $\beta_j^{ОКР}$	Общий удельный вес стоимости проведения ЭП (ТП), $\beta_j^{ЭП(ТП)}$	Общий удельный вес стоимости проведения РКД, $\beta_j^{РКД}$	Общий удельный вес стоимости проведения ИОО, $\beta_j^{ИОО}$	Общий удельный вес стоимости проведения ПИ (ГИ), $\beta_j^{ПИ(ГИ)}$	Общий удельный вес стоимости проведения ККД, $\beta_j^{ККД}$
1	Стратегические ракетные комплексы наземного базирования	0,12	0,88	0,05	0,17	0,56	0,07	0,03
2	Командные пункты, средства боевого управления и связи	0,19	0,81	0,08	0,22	0,37	0,09	0,05
3	Ракетные подводные крейсеры специального назначения	0,08	0,92	0,06	0,13	0,65	0,05	0,03
4	Средства контроля космического пространства	0,15	0,85	0,06	0,27	0,38	0,10	0,04
5	Средства предупреждения о ракетном нападении	0,07	0,93	0,06	0,20	0,56	0,08	0,03
6	Средства противоракетной обороны	0,12	0,88	0,09	0,15	0,53	0,08	0,03
7	Средства противокосмической обороны	0,11	0,89	0,08	0,14	0,54	0,09	0,04
8	Самолеты специального назначения	0,12	0,88	0,07	0,18	0,50	0,09	0,04
9	Военно-транспортные самолеты	0,11	0,89	0,06	0,15	0,56	0,08	0,04
10	Разведывательно-ударные комплексы	0,13	0,87	0,10	0,21	0,43	0,08	0,05
11	Наземное ракетное вооружение, ЗУР	0,12	0,88	0,08	0,22	0,30	0,10	0,18
12	Зенитно-ракетное вооружение	0,10	0,90	0,01	0,27	0,46	0,11	0,05
13	Наземное артиллерийское вооружение	0,11	0,89	0,10	0,20	0,44	0,10	0,05
14	Противотанковое вооружение	0,13	0,87	0,10	0,26	0,35	0,11	0,05
15	Танки	0,10	0,90	0,10	0,18	0,49	0,09	0,04
16	Боевые машины	0,11	0,89	0,10	0,21	0,45	0,09	0,04
17	Подводные лодки	0,10	0,90	0,04	0,10	0,66	0,06	0,04
18	Надводные корабли и катера	0,10	0,90	0,05	0,12	0,62	0,07	0,04
19	Радиотехническое вооружение	0,18	0,82	0,07	0,20	0,43	0,08	0,04
20	Автоматизированные системы управления	0,20	0,80	0,08	0,22	0,40	0,07	0,03
21	Военная автомобильная техника	0,13	0,87	0,10	0,27	0,35	0,10	0,05
22	Военная инженерная техника	0,12	0,88	0,09	0,26	0,38	0,10	0,05

Значения удельных весов стоимости проведения НИР и ОКР по разработке перспективных образцов ВВТ в суммарной стоимости НИОКР позволяют оценить на расчетный момент времени (t_p) стоимость проведения отдельных этапов НИОКР по разработке перспективного образца ВВТ $\left(b_j^{НИР}, b_j^{ОКР}\right)$:

$$C^{НИР}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{НИР}, \quad (20)$$

$$C^{ОКР}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{ОКР} = C^{пер}(t_p) - C^{НИР}(t_p), \quad (21)$$

$$C^{ЭП(ТП)}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{ЭП(ТП)}, \quad (22)$$

$$C^{РКД}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{РКД}, \quad (23)$$

$$C^{ИОО}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{ИОО}, \quad (24)$$

$$C^{ПИ(ГИ)}(t_p) = C^{пер}(t_p) \cdot b_j^{ПИ(ГИ)}, \quad (25)$$

$$C^{ККД}(t_p)=C^{пер}(t_p)\cdot b_j^{ККД}, \qquad (26)$$

где:

$C^{пер}(t_p)$ – рассчитанная суммарная стоимость проведения НИОКР на момент времени (t_p);

$C^{НИР}(t_p)$, $C^{ОКР}(t_p)$ – рассчитанная стоимость проведения НИР и ОКР;

$C^{ЭП(ТП)}(t_p)$, $C^{РКД}(t_p)$, $C^{ИОО}(t_p)$, $C^{ПИ(ГИ)}(t_p)$, $C^{ККД}(t_p)$ – рассчитанная ориентировочная стоимость проведения этапов ОКР – эскизного и технического проектирования (ЭП (ТП)), разработки рабочей конструкторской документации (РКД), наладки опытного производства и изготовления опытных образцов (ИОО), проведения предварительных и государственных испытаний (ПИ (ГИ)), корректировки конструкторской документации (ККД);

$b_j^{ЭП(ТП)}$, $b_j^{РКД}$, $b_j^{ИОО}$, $b_j^{ПИ(ГИ)}$, $b_j^{ККД}$ – удельные веса стоимости проведения соответствующих этапов ОКР в суммарной стоимости проведения НИОКР.

Таким образом, формулы (20)-(26) с учетом (3)-(9) в целом позволяют определять временные и стоимостные показатели НИОКР по разработке перспективного образца ВВТ по годам программного периода на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Использование данных показателей позволит органам военного управления Минобороны России, отвечающим за планирование мероприятий развития ВВТ, более обоснованно подходить к решению этого вопроса с учетом установленных требований по достижению заданных ТТХ, стоимости и длительности разработки перспективных образцов вооружения и военной техники.

Список использованных источников

1. 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.

2. Управление рисками в системе государственного оборонного заказа / Лавринов Г.А., Козин М.Н. – Саратов: Научная книга. 2009.

3. Военно-экономический анализ / под ред. С.Ф. Викулова. – М.: Военное издательство, 2001.

4. Фиров Н.В. Проблемы повышения эффективности использования ресурсов, направленных на развитие вооружения и военной техники / ЭНЖ «Вооружение и экономика», № 1(9), 2010.

5. Шаракшанэ А.С., Халецкий А.К., Морозов И.А. Оценка характеристик сложных автоматизированных систем. – М.: Машиностроение, 1993.

6. Е.Н. Блиоков. Концепция оценки эффективности НИОКР и ценообразования на научно-техническую продукцию; Концепция внебюджетного возвратного финансирования науки. – М.: Институт экономики РАН, 1995.