

УДК 338.5

## О ФОРМИРОВАНИИ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

И.В. АРТЕМЕНКО, В.С. ОЛЕШКО, В.М. САМОЙЛЕНКО

В статье рассматриваются подходы к формированию лимитных цен летательных аппаратов с использованием элементов экономико-математического моделирования. Рассмотрены теоретические и практические аспекты разработки методик решения экономических задач по реализации механизма формирования эффективных инновационно-стимулирующих цен при разработке и проектировании летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** государственный оборонный заказ, опытно-конструкторские работы, лимитная цена, экономико-математическая модель, инвестиции, инновации, выбор, потолок контрактной цены.

### Введение

Опытно-конструкторские работы (ОКР) по созданию и модернизации летательных аппаратов (ЛА) по своей природе являются фактором, обеспечивающим формирование ее перспективного облика, будущей стоимости их производства. Поэтому к ОКР в полной мере подходят методы, основанные на анализе соотношений между лимитными ценами и ценами создания (производства) ЛА.

Применение этого подхода для анализа решений по ОКР должно, однако, учитывать два характерных отличия ОКР как объектов оценки от образцов ЛА.

Первое отличие связано с характером формирования экономических эффектов от образцов ЛА и ОКР по их созданию и модернизации. Экономический эффект от образцов авиационной техники непосредственно формируется в ходе выполнения этими образцами своих боевых задач. Поэтому лимитные цены на образцы могут и должны рассчитываться непосредственно из моделей оценки экономической эффективности образцов в конечных задачах их использования. Экономический эффект от ОКР формируется через влияние решений, принимаемых в ходе ОКР на уровень характеристик, лимитной цены образцов и потенциальный уровень стоимости производства или модернизации. Поэтому лимитные цены на ОКР могут и должны рассчитываться также только опосредованно - через анализ их влияния на уровень лимитной цены и стоимость производства (модернизации) ЛА.

Второе отличие связано с намного более высоким уровнем неопределенности при оценке уровня ТТХ, стоимости, экономической эффективности техники на ранних этапах работ по ее созданию (на этапах принятия решений по комплексу ОКР и отдельным работам этого комплекса) по сравнению с этапами закупки, эксплуатации, модернизации техники. Поэтому при обосновании и принятии решений по ОКР должны использоваться методы, учитывающие весьма высокий уровень неопределенности в исходных данных. Это касается не только применения развитых математических методов учета различных неопределенностей (вероятностных методов), но и самой организации обоснования и принятия решений по ОКР. Так, для обоснования и принятия решений в сфере закупки техники характерно последовательное принятие решений в подсистемах организации закупок, финансирования и ценообразования. И такой характер принятия решений в целом вполне оправдывает себя. Для обоснования и принятия решений по ОКР, в отличие от серийной техники, должно быть характерно интегрированное принятие решений во всех подсистемах управления.

### Выбор экономико-математической модели

Обоснование и принятие решений по ОКР для ЛА с помощью методов экономического анализа, использования показателей лимитных цен проиллюстрируем для случая обоснования цен на ОКР от конечной эффективности авиационной техники. Отметим, что в этом случае, в отличие от традиционных подходов к установлению цен на ОКР, исходящих из анализа издержек на ранее выполненные аналогичные работы, установление цен исходит именно из оценок ожидаемого эффекта от реализации ОКР. Один из возможных вариантов реализации экономико-математических моделей обоснования цен на ОКР при этом может быть представлен следующим образом

$$\begin{cases} F_p = \max \frac{C_p^n(\bar{y}_c, \bar{y}_m, \bar{y}_k^p, \bar{x}_y^p, C^n)}{C_{исх}^p(\bar{y}_c, \bar{y}_k^p, \bar{x}_y^p)}, \\ F_p \geq 1 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $C_p^n$  - реализуемое значение лимитной цены ОКР, определяемое с учетом влияния внешних условий и управляющих воздействий;  $C_{исх}^p$  - исходное ожидаемое значение стоимости (цены) ОКР для исполнителей с учетом влияния внешних условий и управляющих воздействий, определяемое без включения в него различных управляющих воздействий и санкций;  $\bar{y}_c$  - вектор параметров, характеризующих внешние условия в части новизны и сложности разрабатываемых образцов ЛА, объема их закупок;  $\bar{y}_m$  - вектор параметров, характеризующих внешние условия риска морального старения авиационной техники;  $\bar{y}_k^p$  - вектор параметров, характеризующих внешние условия конкуренции разработчиков (исполнителей ОКР);  $\bar{x}_y^p$  - вектор параметров управляющих воздействий заказчика на качество и стоимость разработок (ОКР);  $C^n$  - реализуемое (ожидаемое в реализации) значение лимитной цены авиационной техники, определяемое с учетом внешних условий и управляющих воздействий.

Важная особенность модели вида (1) - необходимость учета значительных рисков и неопределенностей при принятии решений в части ОКР, значительно больших, чем риски и неопределенности на этапе организации производства и закупок авиационной техники (особенно это касается ранних этапов ОКР). Вследствие наличия этих рисков и неопределенностей оценки эффективности решений по ценам на ОКР будут иметь во многом достаточно размытый, ориентировочный характер. Эффективное использование таких оценок и самого данного критерия вида требует:

- во-первых, постоянного уточнения оценок эффективности ценовых решений по мере получения дополнительной информации, перехода к более поздним этапам ОКР;
- во-вторых, акцента на использование подходов к анализу эффективности решений не по средним, а по гарантированным вероятностным оценкам;
- в-третьих, интегрированного адаптивного характера принятия решений в подсистемах организации, финансирования и ценообразования для ОКР;
- в-четвертых, акцента на методы управления качеством и стоимостью ОКР со стороны заказчика, обеспечивающим гарантированную отдачу.

### Оценка лимитной цены опытно-конструкторской работы

В общем принципиальном плане лимитная цена ОКР должна определяться с учетом достигаемого в результате ОКР «чистого» экономического эффекта заказчика на единицу продукции, определяемой разницей теневой (лимитной) и продажной (закупочной) цены  $\mathcal{E}_{ВЭ} = C^n - C_{ТА}^n$ , до-

ли разработчиков в этом эффекте, предполагаемого объема закупки разрабатываемых образцов, различных рисков и неопределенности при проведении ОКР.

Выражение для оценки лимитной цены ОКР может быть представлено в виде

$$C_p^l = (C_{ом}^l - C_o^l) \cdot \delta_p \cdot \kappa_p^p \cdot \kappa_z^p \cdot N_z, \quad (2)$$

где  $C_{ом}^l$  - ожидаемое значение лимитной цены образца авиационной техники в перспективе, определяемое с учетом фактора морального старения;  $C_o^l$  - цена производства образца ЛА;  $\delta_p$  - доля исполнителя (разработчика) ОКР (или данных этапов ОКР) в общей величине достигаемого экономического эффекта;  $\kappa_p^p$  - коэффициент, характеризующий непосредственный риск разработки (в целом для ОКР по данному образцу или по данным этапам ОКР);  $\kappa_z^p$  - коэффициент, характеризующий риски этапов закупки (по реализации самой закупки, по ее объемам);  $N_z$  - предполагаемый объем закупок разрабатываемого образца ЛА.

Расчет лимитных цен на ОКР с использованием зависимости вида (2) может осуществляться в двух вариантах - по вероятным и номинальным значениям величин параметров  $C_{ом}^l, C_o^l$ .

В первом случае оценка значений параметров лимитной цены и полной стоимости производства образцов -  $C_{ом}^l, C_o^l$  - производится с учетом всех возможных рисков и неопределенностей в достижении их предполагаемого уровня, характерных для данного этапа ОКР. При этом должны заранее определяться зоны возможного разброса значений параметров, вероятности попадания значений параметров в каждую из этих зон. Оценка параметров  $C_{ом}^l, C_o^l$  в этом случае должна производиться вероятностными методами (методами частотной теории вероятностей, методами теории размытых множеств и т.д.) обычно как математическое ожидание их значений. Величина  $\kappa_p^p$  - коэффициента, учитывающего риски разработки, при этом будет равна единице (все эти риски автоматически будут учитываться при оценке вероятных ожидаемых значений параметров  $C_{ом}^l, C_o^l$ ). Данный подход к определению лимитных цен на ОКР весьма перспективен, но одновременно сложен в реализации.

В рамках второго подхода - значительно более простого в реализации, оценка параметров  $C_{ом}^l, C_o^l$  производится по номинальному предполагаемому уровню их значений. Все риски и неопределенности, связанные с возможностью недостижения этого уровня, учитываются коэффициентом  $\kappa_p^p$  (естественно, разным по значению для различных частных работ, этапов, комплексов работ в ОКР).

### Расчет рациональной цены для комплекса опытно-конструкторских работ

Отобразим общую схему анализа решений по ценам на ОКР на примере гипотетического установления рациональной цены для комплекса ОКР (эскизный, технический и рабочий проекты, изготовление и испытание опытных образцов, доводка технических решений и документации) по созданию образца А при базе оценки (базовом аналоге) Б. Предполагается использование для расчета лимитных цен на ОКР подхода к оценке лимитной цены и стоимости производства образцов по их номинальным значениям.

Основные исходные данные по лимитной цене образцов ВВСТ  $C^l = 2400$  тыс. руб.

Суть задачи принятия решений в следующем. Имея данные по лимитной цене разрабатываемого образца и ожидаемой стоимости его производства, по предполагаемым объемам его закупки, по возможным рискам и неопределенностям, характерным для этапа подготовки и заключения контрактов на проведение комплекса ОКР по созданию образца, по стоимости ранее проведенных аналогичных комплексов ОКР, необходимо установить (спрогнозировать) с позиции заказчика рациональную цену ОКР.

Предположим, что предварительный анализ показывает оценку значения стоимости производства  $C^{II} = 1700$  тыс. руб.

Предполагаемый общий экономический эффект на один образец, таким образом, составляет  $\mathcal{E}_{BЭ} = C_{ом}^I - C_o^{II} = 2400 - 1700 = 700$  тыс. руб.

Этот эффект должен быть разделен в некоторых пропорциях между заказчиком, научно-исследовательскими работами, ОКР и производителем. Примем для простоты долю ОКР в этом эффекте  $\delta_p = 0,40$ , что в стоимостном выражении  $\mathcal{E}_{BЭ}^p = \mathcal{E}_{BЭ} \cdot \delta_p = 700 \cdot 0,40 \approx 280$  тыс. руб.

Именно этот эффект с учетом предполагаемого объема закупки образцов  $N_3$  и различных рисков ( $\kappa_p^p, \kappa_3^p$ ) должен явиться основой для расчета лимитной цены ОКР, представляющей собой «чистый» приведенный экономический эффект от ОКР или, в другой постановке, оценку качества потребительной стоимости ОКР, выраженную в прямых стоимостных категориях

$$C_p^p = \mathcal{E}_{BЭ}^p \cdot \kappa_p^p \cdot \kappa_3^p \cdot N_3 = (C_{ом}^I - C_o^{II}) \cdot \delta_p \cdot \kappa_p^p \cdot \kappa_3^p \cdot N_3.$$

Коэффициент учета рисков разработки  $\kappa_p^p$  в первом приближении может быть представлен как произведение вероятностей успешного завершения предстоящих последовательных этапов ОКР. Для данного случая величина этого коэффициента может быть рассчитана по формуле

$$\kappa_p^p = (1 - r_{ЭП}) \cdot (1 - r_{ТР}) \cdot (1 - r_{ОО}) \cdot (1 - r_{ИСП}) \cdot (1 - r_{ДР}),$$

где  $r_{ЭП}$ ,  $r_{ТР}$ ,  $r_{ОО}$ ,  $r_{ИСП}$ ,  $r_{ДР}$  - соответственно частные риски этапов эскизного, технического и рабочего проектов, изготовления опытных образцов, испытаний, доводки технических решений.

Примем для примера:  $r_{ЭП} = 0,49$ ;  $r_{ТР} = 0,37$ ;  $r_{ОО} = 0,32$ ;  $r_{ИСП} = 0,30$ ;  $r_{ДР} = 0,07$ .

Тогда  $\kappa_p^p = (1 - 0,49) \cdot (1 - 0,37) \cdot (1 - 0,32) \cdot (1 - 0,30) \cdot (1 - 0,07) = 0,142$ .

Коэффициент учета риска этапа закупки может быть представлен как произведение вероятностей положительного решения о закупке ( $r_{пз}$ ) и реализации запланированного (предполагаемого) объема закупок ( $r_{оз}$ )

$$\kappa_3^p = (1 - r_{пз}) \cdot (1 - r_{оз}).$$

Примем для примера:  $r_{пз} = 0,80$ ;  $r_{оз} = 0,30$ , тогда  $\kappa_3^p = (1 - 0,80) \cdot (1 - 0,30) = 0,14$ .

При расчетной величине предполагаемого объема закупки  $N_3 = 7600$  тыс. руб. лимитная цена ОКР составит  $C_p^p = 280 \cdot 0,142 \cdot 0,14 \cdot 7600 \approx 42304,64$  тыс. руб.

Предположим, что прогнозирование стоимости данного комплекса ОКР с помощью различных «затратных» регрессионных моделей, построенных на базе статистических данных по стоимости аналогичных ОКР 1980-х гг. по ЛА с переводом оценок в современный масштаб цен, даст оценку его стоимости для исполнителей ОКР  $C^p$  в размере 30–35 млн. руб. В данном случае лимитная цена комплекса ОКР существенно превышает его полную стоимость, поэтому номинально можно считать, что его проведение оправдано. Но такая номинальная оценка не всегда справедлива. В данной ситуации необходимо учитывать также фактор неопределенности при определении лимитной цены ОКР, связанный с достаточно приблизительной оценкой различных рисков ОКР. При этом потолок контрактной цены ОКР при  $\mathcal{E}_{BЭ}^p = 280$  тыс. руб. может колебаться в пределах  $\pm 50\%$ .

Устранение или минимизация этого риска возможны за счет, во-первых, интеграции процессов ценообразования с процессами программного планирования и финансирования ОКР, во-вторых, использования конкурсных форм организации проведения ОКР и, в-третьих, проведе-

ния активной ценовой политики заказчика для ОКР, основанной на использовании эффективных стимулирующих воздействий на разработчика в части качества и эффективности ОКР.

Возможен, например, следующий механизм интеграции процессов ценообразования с процессами программного планирования и финансирования. Для некоторого заданного перечня возможных альтернативных ОКР рассчитываются (прогнозируются) их лимитные цены и цены (стоимости) их проведения с учетом возможных разбросов значений этих цен. Далее в предположении определенного ограниченного объема финансирования производится ранжирование данных работ по критерию  $F_p$  (1) с учетом возможных неопределенностей в его определении. При этом, работы с более высоким значением критериев и низким риском, получают приоритет в финансировании (при формировании этих приоритетов могут использоваться обобщенные показатели, учитывающие как номинальное значение критерия  $F_p$ , так и риск его недостижения). Сначала выбирается работа с наиболее высоким значением критерия и с наиболее малым риском, затем следующая по приоритету и т.д. до тех пор, пока сумма оценок минимальных стоимостей выполнения работ по уже выбранным ОКР не достигнет заданной границы ассигнований. Работы с приоритетами ниже граничного уровня при этом исключаются из рассмотрения вообще или откладываются в проведении, а сам граничный уровень служит основой для рассмотрения других аналогичных перечней ОКР и выбора рациональных решений по ценам на проведение работ.

### Реализация стимулирующей ценовой политики

Использование конкурсных форм организации и проведения ОКР, с одной стороны, неизбежно будет достаточно заметно увеличивать их стоимость вследствие необходимости финансирования одновременно нескольких разработчиков, но с другой стороны, может существенно стимулировать разработчиков в части снижения «собственной» стоимости и повышения качества ОКР. Применительно к рассматриваемому примеру можно отметить, что полномасштабное конкурсное выполнение данного комплекса ОКР двумя исполнителями неизбежно будет означать повышение стоимости ОКР для заказчика примерно до 800-1200 млн. руб. Но это одновременно будет означать значительное снижение непосредственного риска разработки. Коэффициент  $\kappa_p^P$ , характеризующий этот риск, может измениться существенно больше, чем стоимость ОКР, что обеспечит повышение эффективности ОКР в случае их конкурсного проведения.

Проведение активной стимулирующей ценовой политики в части ОКР должно быть направлено на поощрение каждого конкретного разработчика к достижению максимальных результатов при одновременном стимулировании относительного снижения стоимости ОКР (в соответствии со смыслом критерия (1)). Большие перспективы в отношении ОКР имеет подход, основанный на гибком задании тактико-технических требований для разработчиков (с возможностью определенного варьирования уровнем частных ТТХ) в сочетании с функциональным адаптивным установлением цен на серийные образцы и ОКР в зависимости от фактически достигаемой эффективности авиационной техники. Преимущество этого подхода по сравнению с традиционными, основанными на жестком «планочном» задании тактико-технических требований к образцам ЛА, на фактическом формировании цен для техники и ОКР без всякой связи с реальным уровнем их конечной экономической эффективности, с точки зрения выражений (1) и (2), заключается в существенном снижении риска разработки для заказчика (т.е. в существенном увеличении значения  $\kappa_p^P$ ).

Реализация данного подхода для ОКР возможна на основе использования различных методов стимулирования. Наиболее перспективным из них можно считать метод «роялти» - стимулирования исполнителей за фактически достигнутый уровень результата в форме различных дополнительных выплат при подтверждении реальной эффективности объекта разработки.

Важная особенность этого метода - резкое снижение риска разработки для заказчика, т.к. выплаты производятся по уже подтвержденным данным о затратах, ТТХ образцов и их эффективности. Это дает возможность, затрачивая средства на стимулирование исполнителей ОКР, фактически очень мало рисковать в плане обеспечения экономической эффективности разработок.

Применительно к рассматриваемому примеру это можно интерпретировать следующим образом. Предположим, мы имеем оценку лимитной цены данного комплекса ОКР в размере 1500 млн. руб. при коэффициенте общего риска ОКР  $\kappa_{ОКР}^P = \kappa_P^P \cdot \kappa_3^P = 0,142 \cdot 0,14 \approx 0,020$ . Это означает, что если бы данный риск отсутствовал, то заказчик мог бы заплатить за данный комплекс работ сумму в пределах 75000 млн. руб. ( $75000 = 1500 / 0,020$ ) и это принесло бы ему конечный положительный экономический эффект. Но наличие рисков понижает эту сумму до величины 1500 млн. руб. При стимулировании качества и экономии издержек при разработке заранее - до получения конечного результата - мы будем вынуждены выплачивать стимулирующие премии, доплаты заранее, т.е. рисковать из размера лимитной цены в пределах 1500 млн. руб. При апостериорном стимулировании по принципу «роялти» все стимулирующие выплаты будут производиться уже по факту получения конечного результата из размера лимитной цены 75000 млн. руб., поэтому здесь риск будет отсутствовать. При этом фактически оказывается, что 1 руб. стимулирующих выплат равен по конечной отдаче 50,0 руб. аналогичных априорных выплат ( $50,0 = 1 / 0,020$ ).

Механизм формирования «эффективных» инновационно-стимулирующих цен можно проиллюстрировать также для составной части ОКР. В современных условиях цены на составную часть ОКР при разработке новых ЛА формируются, как и для самих ЛА, от ожидаемых издержек разработки, рассчитываемых по калькуляциям, по предшествующим работам-аналогам.

В случае реализации эффективно-инновационного подхода к формированию цены на СЧ ОКР начальная цена на неё должна формироваться от лимитной цены заказчика на составную часть ОКР.

Далее, после расчета лимитной цены, формирование цены на составную часть ОКР должно происходить уже описанным выше способом - через расчет потолка контрактной цены (начальной цены) к формированию самой контрактной цены.

## Заключение

Из вышесказанного следует, что при формировании цен на продукцию от ее лимитной цены осуществляется переход к установлению цен по принципам выявления теневых цен, отражающих реальную экономическую стоимость, ценность продукции отрасли с точки зрения общества. Эти цены необходимы как при формировании государственных закупочных цен на общественно-необходимый товар, так и при оценке инвестиционных проектов для развития оборонно-промышленного комплекса. Важно подчеркнуть, что при продаже продукции за рубежом при наличии развитой конкуренции производителей необходимости в учете теневых цен, как правило, нет - там обычно должны использоваться именно цены конкурентного рынка. Но на внутреннем рынке при закупках продукции отрасли по государственному оборонному заказу должны использоваться именно теневые цены (при полном использовании всех возможностей снижения закупочных цен для государства за счет конкурентных и переговорных рычагов) [1-4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамчук Н.А., Алешин Д.К. Управление риском на предприятии и страхование // *Управление риском*. 2002. № 1. С. 32-39.
2. Бахарев Г.А., Кандыбко Н.В. *Экономическая эффективность и закупки оборонной продукции*. М.: Военный университет, 2010. 99 с.

3. **Радионо́в Н.В.** *Модели эффективности инвестиций и кредитования. Основы финансового анализа.* СПб.: Наука, 2005. 600 с.
4. **Новожи́лов В.В.** *Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании.* М.: Наука, 1972. 434 с.

## ABOUT THE FORMATION OF THE DEVELOPMENT COSTS OF THE AIRCRAFT

Artemenko I.V., Oleshko V.S., Samoylenko V.M.

The article discusses approaches to the formation of the limit prices of aircraft with using of elements of economic-mathematical modeling. Theoretical and practical aspects of development of methods of solving economic problems in the implementation of the mechanism of formation of effective innovation-stimulating prices in the drafting and design of aircraft.

**Keywords:** the state defense order, development, limit price, economic-mathematical model, investment, innovation, choice, contract ceiling rates.

### REFERENCES

1. **Adamchuk N.A., Aleshin D.K.** *Upravlenie riskom na predpriyatii i strahovanie. Upravlenie riskom.* 2002. № 1. Pp. 32-39. (In Russian).
2. **Baharev G.A., Kandybko N.V.** *Jekonomicheskaja jeffektivnost' i zakupki oboronnoj produkcii.* М.: Voennyj universitet. 2010. 99 p. (In Russian).
3. **Radionov N.V.** *Modeli jeffektivnosti investicij i kreditovanija. Osnovy finansovogo analiza.* SPb.: Nauka. 2005. 600 p. (In Russian).
4. **Novozhilov V.V.** *Problemy izmerenija zatrat i rezul'tatov pri optimal'nom planirovanii.* М.: Nauka. 1972. 434 p. (In Russian).

### Сведения об авторах

**Артеменко Игорь Вадимович**, 1965 г.р., окончил Михайловскую артиллерийскую академию (1997), доцент, кандидат экономических наук, доцент Военного института МАИ, автор более 40 научных работ, область научных интересов - военная экономика.

**Олешко Владимир Станиславович**, 1975 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (2003), кандидат технических наук, профессор Военного института МАИ, автор более 40 научных работ, область научных интересов - ремонт авиационной техники.

**Самойленко Василий Михайлович**, 1961 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1990), профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, автор более 80 научных работ, область научных интересов – технология производства и ремонта авиационной техники.