Буравлев А.И., доктор технических наук,
профессор
Иванцов Д.В.

# Оптимизация объемов закупок вооружения и военной техники с учетом стоимости и рентабельности их производства

*В статье рассмотрена задача оптимизации закупок ВВТ по критерию минимума ассигнований для закупки требуемого объема продукции с учетом возможностей и рентабельности военного производства. Предложен алгоритм решения задачи с использованием метода динамического программирования. Рассмотрен пример построения оптимальной стратегии и сравнения ее с альтернативными стратегиями.*

Планирование закупок вооружения и военной техники (ВВТ) в рамках государственной программы вооружений (ГПВ) осуществляется из расчета поставки потребных объемов ВВТ для оснащения Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) и выделенного лимита ассигнований [1, 2]. При этом учет производственных возможностей потенциальных производителей ВВТ – предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) осуществляется посредством оценки их производственных мощностей, определяющих потребные сроки выпуска военной продукции.

Между тем, одним из основных направлений научно-технического и производственно-технологического обеспечения реализации ГПВ является создание экономических условий для дальнейшего развития военного производства, повышения уровня его технологической оснащенности, научно-технической базы для разработки перспективных образцов ВВТ. Такое развитие будет возможно, если при реализации мероприятий ГПВ предприятиям ОПК – исполнителям заданий государственного оборонного заказа (ГОЗ), будет обеспечен определенный уровень рентабельности, который позволит часть полученной прибыли направить на техническое переоснащение производства. Таким образом, возникает задача учета рентабельности потенциальных производителей ВВТ при формировании ГПВ, и как следствие, при ее реализации посредством ГОЗ.

**Постановка задачи**

Пусть известна программа перевооружения ВС РФ на определенный тип ВВТ, задающая на конец программного периода $T$ суммарный объем поставок ВВТ $\hat{Q}$. Кроме того, известны характеристики потенциального производителя продукции, такие как нормативный уровень рентабельности $\varepsilon$, максимальная мощность производства $Q_{max}$, величина условно постоянных издержек $c_0$, величина издержек на производство единицы продукции $c_1$, а также доля условно постоянных издержек, зависящих от инфляции $\alpha$. Объем потребного финансирования, в том числе по годам программного периода $t=1,2,\ldots,T$, определяется ценой закупки единичного образца ВВТ $p_t$. Эта цена, должна удовлетворять, нормативному уровню рентабельности предприятия – потенциального производителя продукции. Рентабельность предприятия характеризует его доходность и количественно оценивается показателем $R$, равным отношению полученного дохода к суммарным издержкам [3]. В практике экономических расчетов часто принимается, что ежегодные издержки предприятия $C_t$ состоят из двух частей: условно постоянных $c_0$, практически не зависящих от годового объема производства $Q_t$, и условно переменных, пропорционально зависящих от объема производства [4]:

$$C_t = c_0 + c_1 Q_t .$$

Для учета инфляции, приводящей к росту издержек производства, величина суммарных ежегодных издержек $C_t$ корректируется коэффициентом-дефлятором $d_t = (1+E)^t$ и определяется по формуле:

$$C_t = c_0(1+\alpha(d_t - 1)) + c_1 d_t Q_t , \qquad (1)$$

где $E$ – расчетный (прогнозный) уровень инфляции и $0 < \alpha \le 1$.

Рентабельность потенциального производителя продукции в этом случае должна удовлетворять следующему неравенству

$$R_t = \frac{p_t Q_t}{C_t} \ge 1 + \varepsilon , \qquad (2)$$

Из (2) получаем значение цены поставки единичного образца ВВТ в году $t$

$$p_t \ge \frac{(1+\varepsilon) C_t}{Q_t} .$$

С одной стороны, объем годовой поставки $Q_t$ ограничен сверху максимальной мощностью производства $Q_{max}$, с другой стороны, он должен удовлетворять требованию ГПВ по суммарному объему закупки: $\sum_{t=1}^{T} Q_t = \hat{Q}$. В результате получаем для каждого отдельного образца ВВТ следующую задачу динамического программирования: требуется определить оптимальную программу закупок ВВТ $Q_t$ $(t = \overline{1,T})$ по годам программного периода, обеспечивающую минимум ассигнований на закупку

$$\sum_{t=1}^{T} p_t Q_t = \sum_{t=1}^{T} (a_t + b_t Q_t) \to min \qquad (3)$$

при ограничениях

$$0 < Q_t \le Q_{max} ; \ \sum_{t=1}^{T} Q_t = \hat{Q} . \qquad (4)$$

где $a_t = c_0(1+\alpha(d_t - 1))$ – условно постоянная составляющая затрат;

$b_t = c_1 d_t$ – условно переменная составляющая затрат.

Данная задача решается для каждого отдельного образца ВВТ, включенного в ГПВ.

**Методика решения задачи**

Для решения поставленной задачи используем метод динамического программирования для дискретных процессов [5].

Составим функциональное уравнение Беллмана. Для этого исключим из общих затрат на закупку ВВТ постоянную составляющую $A = \sum_{t=1}^{T} a_t$, не связанную с объемом закупок, и рассмотрим в качестве целевой функции только переменные затраты $F(T) = \sum_{t=1}^{T} b_t Q_t$.

Зафиксируем текущий момент времени $t$ и рассмотрим будущие издержки $F(T-t) = b_t Q_t + \min_{Q_s} \sum_{s=t+1}^{T} b_s Q_s$ при условии оптимальных закупок, начиная с момента времени $s = t+1$. Минимизируя эти издержки в момент времени $t$, получаем следующее рекуррентное выражение для определения оптимальных объемов закупки

$$\min_{Q_t} \left\{ b_t Q_t + \min_{\{Q_{t+1},\dots,Q_T\}} F(T-(t+1)) \right\} = \min_{\{Q_t, Q_{t+1},\dots,Q_T\}} F(T-t) . \qquad (5)$$

При этом $Q_t$ должно удовлетворять ограничениям (4) исходной задачи.

Решая последовательность задач (5) при $t = T, T-1, \dots, 2, 1$ с учетом ограничений (4), находим оптимальные объемы закупки по годам программного периода.

Рассмотрим алгоритм решения данной задачи, начиная с последнего шага.

На последнем шаге $t$=$T$ функция будущих издержек $F(-1)$=0. Объем закупок $Q_t$ на данном шаге определяется из условия

$$\min_{Q_T} \{ b_T Q_T \} ,$$

с учетом ограничений

$$0 < Q_t \le Q_{max} ; \ 0 \le Q_T \le \hat{Q} - Q(T-1) ,$$

где $Q(T-t) = \sum_{t=1}^{T-1} Q_t$ – накопленный объем закупок к моменту времени $t$=$T$–1.

Минимальные затраты обеспечиваются при объеме закупок, определяемом по формуле:

$$Q_T^* = min\{Q_{max}, \hat{Q} - Q(T-1)\}.$$

Если на предыдущем шаге достигается равенство $Q(T-1) = \hat{Q}$, то $Q_T^* \equiv 0$.

Переходим к шагу $t=T-1$. На этом шаге минимизируются затраты

$$\min_{Q_T - 1}\{b_{T-1}Q_{T-1} + F^*(0)\},$$

где $F^*(0) = b_T Q_T^*$ – минимальные затраты на последнем шаге.

Минимальные затраты обеспечиваются при следующем объеме закупок

$$Q_{T-1}^* = min\{Q_{max}, \hat{Q} - Q(T-2)\}$$

и т.д.

На шаге $t=T-s$ минимизируются затраты

$$\min_{Q_{T-s}}\{b_{T-s}Q_{T-s} + F^*(s-1)\},$$

при этом оптимальный объем закупок составляет

$$Q_{T-s}^* = min\{Q_{max}, \hat{Q} - Q(T-s-1)\}.$$

Продолжая рассуждения, приходим к первому шагу $t=1$. На этом шаге

$$Q_1^* = min\{Q_{max}, \hat{Q}\} = Q_{max},$$

так как $Q(0)=0$.

Далее, начиная прямой отсчет времени $t = 1, 2, \ldots, T$, последовательно находим значения накопленного объема закупок

$$Q(t) = Q(t-1) + Q_t^*,$$

где $Q_t^* = min\{Q_{max}, \hat{Q} - Q(t-1)\}$.

Таким образом, изложенный выше алгоритм позволяет определить ежегодные оптимальные объемы закупки образца ВВТ на всем программном периоде.

Из полученных выражений видно, что оптимальный объем годовой закупки является постоянной величиной, равной максимальному годовому объему производства $Q_{max}$. Если потребный объем продукции $\frac{\hat{Q}}{T} < Q_{max}$ не превышает производственной мощности предприятия, то программа закупки реализуется еще до окончания программного периода.

В маркетинге часто используется стратегия, основанная на известном в экономической теории законе убывания спроса с ростом цены единицы продукции при фиксированном уровне полезности продукта [6]. В соответствии с этим законом при фиксированной рентабельности продаж объем закупок (спрос на продукцию) $Q_t$ также убывает с ростом цены $p_t$. При линейной функции затрат годовой объем закупок $Q_t$ будет обратно пропорционален величине затрат на единицу продукции $c_t = \frac{\sum_{t=1}^{T} a_t}{\hat{Q}} + b_t$:

$$Q_t = \frac{\lambda}{c_t}, \qquad (6)$$

где параметр $\lambda > 0$ определяется из ограничения:

$$\lambda = \frac{\hat{Q}}{\sum_{t=1}^{T} c_t^{-1}}. \qquad (7)$$

С учетом ограничения $0 < Q_t \le Q_{max}$ выражение для определения годового объема закупок $Q_t$ принимает следующий вид:

$$Q_t = min\left\{\frac{\hat{Q}}{c_t \sum_{t=1}^{T} c_t^{-1}}; Q_{max}\right\}.$$

Считается, что данная стратегия является оптимальной. Однако ее сравнение со стратегией, полученной методом динамического программирования, показывает, что она дает более высокие затраты на закупку продукции. Достоинством этой стратегии является то, что она обеспечивает закупку продукции в течение всего программного периода.

Однако обе рассмотренные выше стратегии не удовлетворяют требованию комплектности поставок, заключающегося в том, что объем годовой поставки образца ВВТ должен быть кратен объему комплекта поставки $Q_k$. Что на практике позволяет осуществлять поставки образцов ВВТ в объемах, необходимых для полного перевооружения одного или

нескольких воинских формирований на закупаемый образец ВВТ.

Введение данного условия требует ввода следующего дополнительного ограничения:

$$Q_k \le Q^* subt \le Q^*_{max}, \qquad (8)$$

где $Q^*_{max} = E\left(\frac{Q_{max}}{Q_k}\right)\cdot Q_k$ – максимальный объем поставки с учетом требования комплектности поставок;

функция *E(x)* – функция выделения целой части числа *x*.

Согласно ограничению (8) объем годовой поставки $Q^*_t$ ограничен снизу объемом комплекта поставки $Q_k$, а сверху – максимальным объемом поставки с учетом требования комплектности поставок $Q^*_{max}$. Кроме того, объем годовой поставки должен быть равен одному или нескольким комплектам поставки.

Для учета ограничений (8) в методике решения задачи следует изменить выражение для определения значения объема годовой поставки $Q^*_t$ следующим образом:

$$Q^*_t = min\{Q^*_{max}; \hat{Q} - Q(t-1)\}. \qquad (9)$$

Сравнение полученной стратегии с двумя предыдущими показывает, что она, как и стратегия закупок с учетом уровня цен, дает более высокие затраты на закупку продукции по сравнению со стратегией, полученной методом динамического программирования, но в то же время является менее затратной, чем стратегия закупок с учетом уровня цен. Достоинствами данной стратегии является то, что она обеспечивает комплектные объемы годовых поставок и, как стратегия закупок с учетом уровня цен, обеспечивает закупку продукции в течение всего программного периода.

На рисунках 1-3 приведены графики, иллюстрирующие динамику объемов, цены и стоимости закупок для рассмотренных выше стратегий, помимо них на графиках представлена стратегия с постоянным объемом закупки. Все стратегии построены с использованием одинаковых исходных данных.

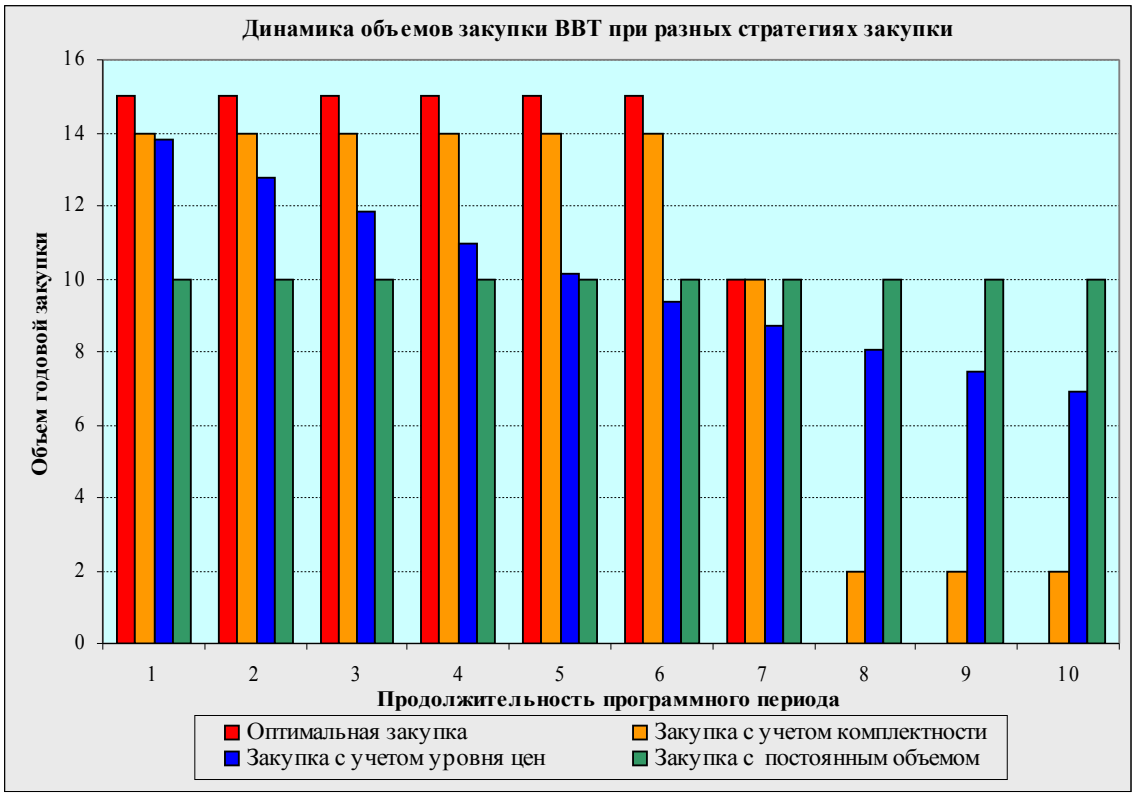


Рисунок 1 – Динамика объемов закупки ВВТ при разных стратегиях закупки

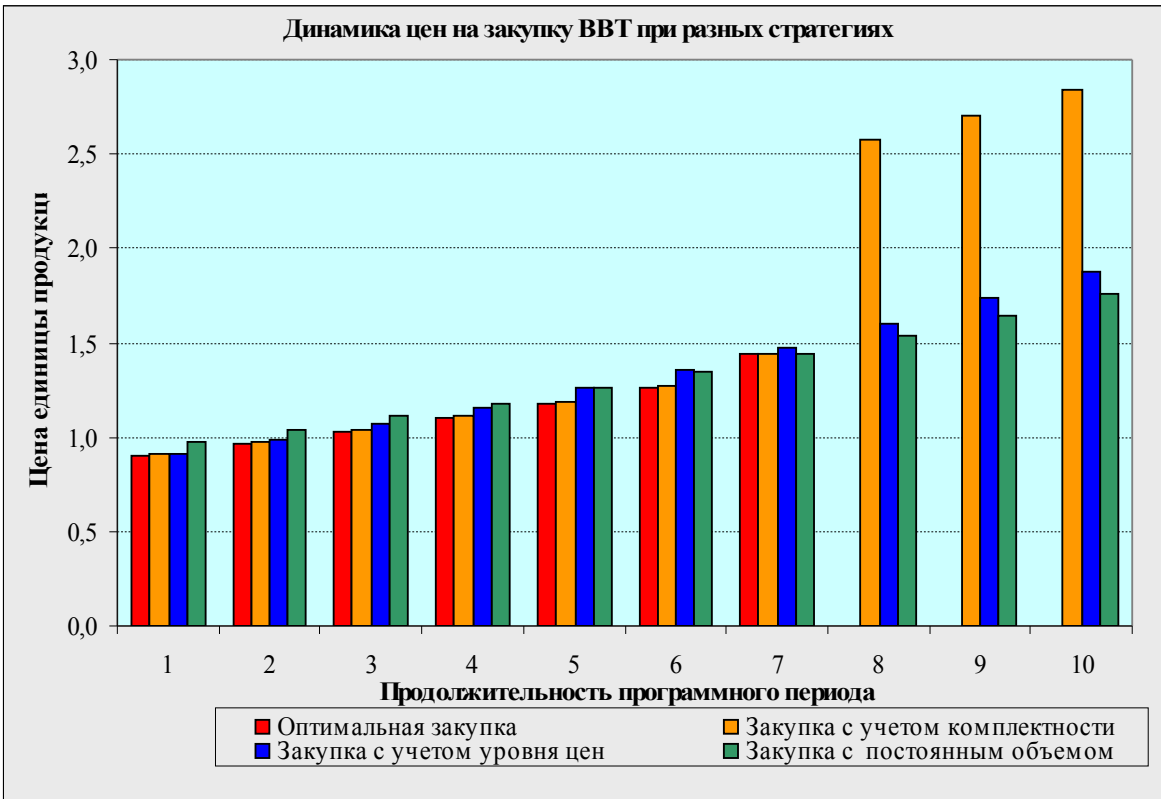


Рисунок 2 – Динамика цены закупки ВВТ при разных стратегиях закупки

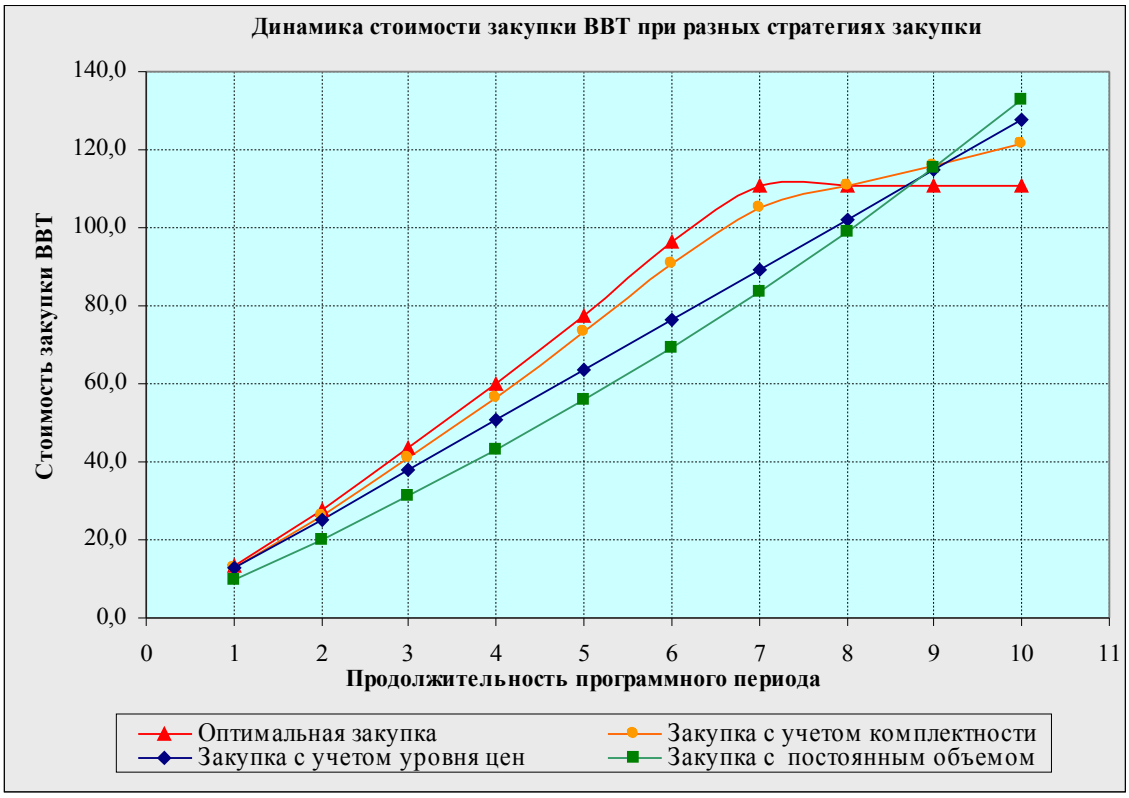


Рисунок 3 – Динамика стоимости закупки ВВТ при разных стратегиях закупки

Из приведенных графиков видно, что стратегии, полученные методом динамического программирования как без учета, так и с учетом объема комплекта поставки, обеспе-

чивают на 5-15% меньшую стоимость закупки по сравнению с другими двумя стратегиями.

Таким образом, разработанная методика позволяет осуществить оптимальное планирование объемов закупок ВВТ при формировании ГПВ с учетом производственных возможностей и рентабельности предприятий ОПК, а также минимизировать объемы ассигнований на их закупку.

**Список использованных источников**

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. – М.: Граница, 2005.

2. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. – М.: Машиностроение, 2010.

3. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1997.

4. Абрютина М.С., Грачев А.В. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. – М.: Дело и Сервис, 2000.