

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-3>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/73EVN316.pdf>

Статья опубликована 22.06.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Титоренко В.В. Методический подход к формированию предприятием оборонно-промышленного комплекса рационального состава закупок разнородных производственных технических средств при ограниченных ассигнованиях // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/73EVN316.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 338.245

Титоренко Виктор Владимирович

ФГБУ «46 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации
Россия, Москва¹
Заместитель начальника отдела
E-mail: vitit@mail.ru

Методический подход к формированию предприятием оборонно-промышленного комплекса рационального состава закупок разнородных производственных технических средств при ограниченных ассигнованиях

Аннотация. Особенности формирования прибыли предприятий оборонно-промышленного комплекса обуславливают ситуацию, при которой получение максимальной эффективности от вложений в развитие их технической основы возможно только при рациональном распределении выделенных средств между всеми подразделениями пропорционально величине их вклада в функциональный потенциал предприятия.

Наличие разнотипных подразделений, оснащенных разнородной техникой, осложняет проведение количественной оценки потребностей в технике и формирование рационального варианта закупок, что приводит к неравномерному развитию структуры предприятия и появлению тормозящих производственный процесс подразделений.

В статье приведены положения методики формирования рационального состава закупок разнородных технических средств на основе обобщенной оценки потребностей подразделений предприятия оборонно-промышленного комплекса и распределения методом динамического программирования выделенных ассигнований на приобретение технических средств, вносящих наибольший вклад в функциональный потенциал предприятия.

В основу методики положен постулат о необходимости планомерного долговременного сбалансированного развития всех подразделений предприятия. Методика направлена на решение задач математического моделирования жизненного цикла производственных технических средств, прогнозирования перспективных потребностей предприятий оборонно-промышленного комплекса в оборудовании и технике и оптимизации мероприятий по их развитию.

¹ 129327, г. Москва, Чукотский проезд, д. 10

Ключевые слова: эффективность применения техники; функциональный потенциал предприятия; рациональный вариант закупки; обоснование расходов на техническое переоснащение; динамическое программирование; показатель технического состояния; сбалансированное развитие

Введение

В материалах статьи приведены основные положения методики формирования рационального состава закупок разнородных технических средств на основе обобщенной оценки потребностей подразделений предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в производственном оборудовании и распределения методом динамического программирования выделенных ассигнований на приобретение технических средств, вносящих наибольший вклад в функциональный потенциал предприятия.

В отличие от распространенных методов обоснования мероприятий по развитию производственной базы, основанных на максимизации коммерческой прибыли предприятия, в основу методики положен постулат о необходимости равномерного развития технико-технологических возможностей всех подразделений предприятия. Методика направлена на решение задачи математического моделирования жизненного цикла технических средств предприятий ОПК и оптимизации мероприятий по их развитию.

Основная часть

Важной экономической проблемой для каждого предприятия является задача формирования оптимального по критерию «эффективность – стоимость» состава оборудования, с использованием которого будет обеспечиваться решение основных функциональных задач предприятия. Как составная часть данной проблемы, может рассматриваться задача определения целесообразных периодов поддержания оборудования в работоспособном состоянии (обслуживания, ремонта) и определения сроков обновления по причине старения (физического или морального износа).

Рассматривая критерий определения эффективности применения технических средств через призму их влияния на качество выполнения производственных задач предприятия, необходимо определиться с содержанием данного понятия с математической точки зрения, указать его «единицу измерения». Нередко в качестве показателя эффективности используют числовые величины, отражающие наиболее важные функциональные возможности технических средств (интенсивность и точность выполнения операций, производительность, грузоподъемность, емкость и скорость канала передачи и т.п.), то есть их функциональный потенциал.

Подобные подходы удобны для анализа отдельных, однотипных по составу решаемых задач видов техники или подразделений предприятия, однако оказываются неприменимыми при комплексном исследовании функционального потенциала предприятия как группы разнотипных подразделений, оснащенных разнородной техникой.

В данном случае в качестве показателя эффективности применения технических средств на предприятии целесообразным представляется рассматривать относительный показатель соответствия технического уровня существующего парка технических средств предприятия техническому уровню, получаемому при применении идеальных, наиболее эффективных на текущий момент времени, технических средств.

С одной стороны, универсальность и системный характер данного показателя позволяет создавать и эффективно использовать в общей модели оценки функционального потенциала типовые составы подразделений предприятия и соответствующие им модели их функционирования (например, бухгалтерия, склад, цех). С другой стороны, его относительная природа в большей степени соответствует столь крупномасштабным моделям, поскольку позволяет корректно сравнивать между собой различающиеся по составу техники и функциональным задачам подразделения.

Как правило, выполнение производственных задач предприятия осуществляется соответствующими подразделениями интегральным применением всей используемой техники по нескольким, соответствующим основным функциональным задачам подразделения, направлениям.

Эффективность такого интегрального применения техники, как правило, может характеризоваться аддитивной функцией, составляющими которой являются показатели эффективности действия техники каждого вида, обеспечивающей решение той или иной частной задачи. При этом задача технического развития подразделения может решаться как задача безусловной максимизации данной функции [1].

Однако, с позиции комплексного развития предприятия на долгосрочном периоде, максимизация эффективности только отдельных, вносящих весомый вклад, подразделений не всегда оправдана, так как в перспективе может привести к катастрофическим технологическим перекосам и высокочрезмерным экономическим последствиям.

Следовательно, при обосновании закупок необходимо сформировать такой состав закупаемых разнородных технических средств, который бы позволил максимизировать прирост общего функционального потенциала предприятия, обеспечив, при этом, равномерное развитие возможностей каждого из подразделений на выделенные для этого ассигнования.

Функционирование предприятия обеспечивается работой всех подразделений, множество которых по составу решаемых функциональных задач разбивается на h типов (бухгалтерский отдел; отделы исследований, испытаний, производства, склад и т.п.). Допустим, на момент времени t на предприятии функционирует $N(t)$ подразделений:

$$N(t) = \sum_{h=1}^h n_h(t). \quad (1)$$

Множество стоящих перед предприятием задач (планирование, учет, изготовление, хранение, транспортировка и т.п.) возможно сгруппировать по μ типовым «тематическим» направлениям. Каждое направление, в силу различной приоритетности решаемых в его рамках задач, характеризуется своим показателем важности (вклада) $k_\mu \in (0 \dots 1)$.

Для каждого из направлений существует свое множество U_μ видов техники, обеспечивающей работу соответствующих подразделений:

$$U_\mu = \{u_1^\mu, \dots, u_j^\mu\},$$

где j – количество видов техники, используемых в рамках μ -го направления.

Каждый u_j^μ -тый вид техники характеризуется своим относительным показателем важности (вкладом) $k_j^\mu \in (0 \dots 1)$.

Каждый u_j^μ -тый вид техники представлен множеством $S(u_j^\mu)$ существующих образцов (модификаций):

$$S(u_j^\mu) = \{s_{j1}^\mu, \dots, s_{jf}^\mu\},$$

где f – количество образцов (модификаций), представленных в отдельном виде техники.

Примечание: количество видов техники j для каждого μ -го направления и количество образцов f в каждом виде различно.

Каждый образец характеризуется своим кортежем показателей:

$$s_{j1}^{\mu} = \langle c_f(t); e_f(t); m_f(t) \rangle$$

где: c_f – стоимость приобретения образца;

e_f – показатель технического совершенства, $e_f \in (0 \dots 1)$);

m_f – показатель технического состояния образца, $m_f \in (0 \dots 1)$.

Стоимость приобретения характеризует величину единовременных затрат на приобретение образца. Значение стоимости, как правило, подвержено увеличению во времени как минимум на коэффициент дисконтирования и, как максимум, на величину, соответствующую прогнозируемому спросу на образец на момент времени t .

Показатель технического совершенства характеризует технический уровень развития образца по отношению к лучшим отечественным (мировым) аналогам. Техническое совершенство образца определяется путем определения меры сходства, вычисляемой через некоторое расстояние R_i между значениями показателей наиболее важных технических характеристик сравниваемых образцов. Показатель может быть охарактеризован функцией $E_f=f(t)$, максимальное значение которой находится в точке, соответствующей времени начала выпуска образца и убывающей на всем периоде эксплуатации образца от состояния «современный» до состояния «устаревший» (рисунок 1).

Показатель технического состояния m_f характеризует оставшийся ресурс образца на момент оценки, приведенный к периоду планирования. Для видов техники, период эксплуатации которых между восстановительным техническим обслуживанием отличается от периода планирования, данный показатель должен быть приведен к периоду планирования методами сглаживания функций (методы скользящего среднего, наименьших квадратов и т.п.) (Рисунок 2) [2].

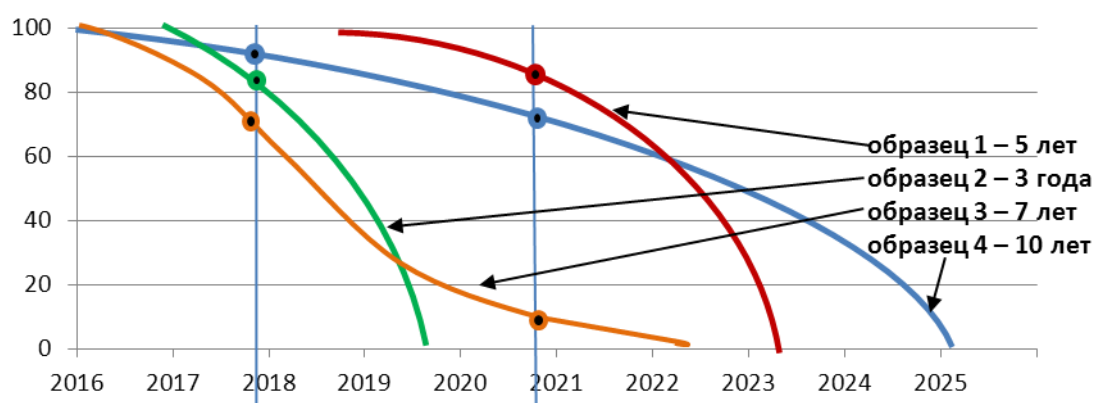


Рисунок 1. Примеры изменения значений показателей технического совершенства техники во времени (рисунок автора)

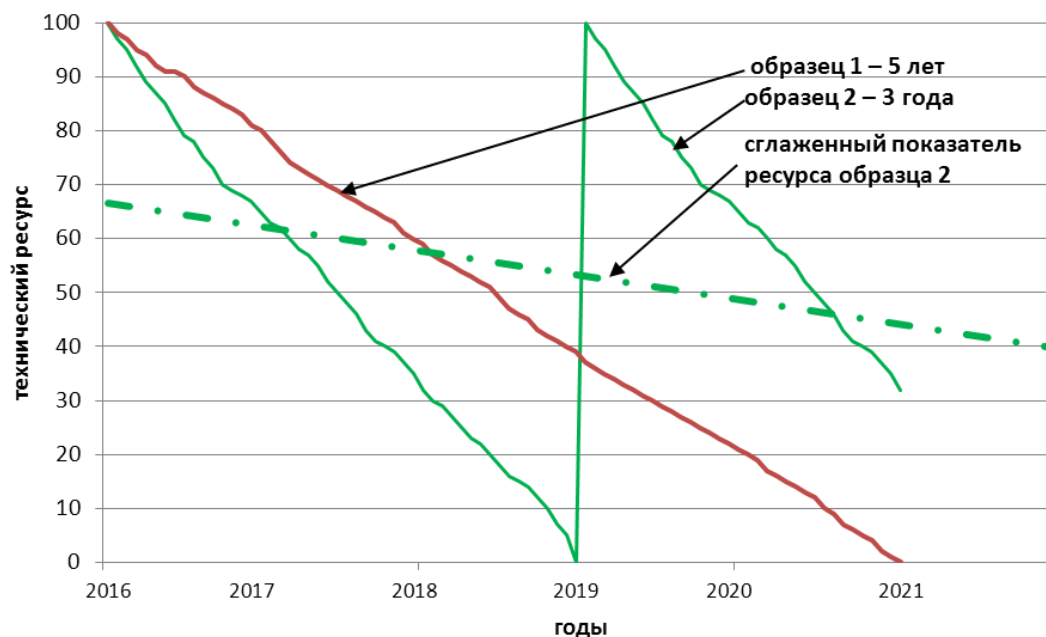


Рисунок 2. Пример приведения значений показателя технического состояния к периоду планирования (рисунок автора)

Таким образом, номенклатура техники (в том числе устаревшие образцы), применяемой в подразделениях предприятия, составляет множество R :

$$S = \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{f=1}^f s_{jf}^{\mu} \quad (3)$$

Внутренними требованиями предприятия установлена обязательность использования в каждом n -ском подразделении типового комплекта техники, составляемого на основе выбора из номенклатуры соответствующего количества образцов S_{jf}^{μ} среди техники вида u_j^{μ} для каждого из μ тематических направлений:

$$S_{\text{треб}}^n = \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j s_{\text{треб}j}^{\mu} \quad (4)$$

В реальных условиях в каждом n -ском подразделении находится комплект техники S_0^n :

$$S_0^n(t) = \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{f=1}^f s_{0jf}^{\mu}(t) \quad (5)$$

При этом в комплект $S_0^n(t)$ входят образцы техники, находящиеся в различном техническом состоянии (устаревшие, современные, выработавшие ресурс, в ремонте, неисправные и т.п.). Кроме того, текущее состояние технической оснащённости подразделения может не соответствовать заданному, так как не вся техника в наличии ($S_0^n < S_{\text{треб}}^n$).

Для определения прогнозных потребностей в технике подразделений на основе исходных значений $S_0^n(t_0)$, закономерностей изменения показателей технического совершенства и технического состояния образцов моделируется изменение состава комплектов техники по годам планируемого периода. В результате на начало каждого года прогнозируется соответствующий некомплект техники, возникающий по причине ее износа и старения.

Вклад n -ского подразделения в функциональный потенциал предприятия $Z_{S_0^n}(t)$ может быть определен на основе показателей важности направлений решения задач (k_{μ}), показателей

важности видов техники (k_j^μ) и показателей технического состояния (m_f) и технического совершенства всей техники (e_f):

$$Z_{S_0^n}(t) = \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{f=1}^f k_{\mu} \times k_j^{\mu} \times s_0(t)_{jf}^{\mu} \times m(t)_{jf}^{\mu} \times e(t)_{jf}^{\mu}. \quad (6)$$

Эффективность функционирования предприятия будет характеризоваться показателем функционального потенциала предприятия – степенью соответствия возможностей реальных комплектов техники во всех n подразделениях (5) возможностям n идеальных комплектов (4):

$$\Delta Z_{S_0}(t) = \frac{Z_{S_0}(t)}{Z_{S_{\text{треб}}}(t)} = \frac{\sum_{h=1}^h \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{f=1}^f n_h(t) \times k_{\mu} \times k_j^{\mu} \times s_0(t)_{jf}^{\mu} \times m(t)_{jf}^{\mu} \times e(t)_{jf}^{\mu}}{\sum_{h=1}^h \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{f=1}^f n_h(t) \times k_{\mu} \times k_j^{\mu} \times s_0(t)_{jf}^{\mu}}. \quad (7)$$

Допустим, принято решение выделить на периоде планирования (условно принят трехлетний период) на замену технических средств предприятия ограниченную сумму ассигнований с предварительным распределением по годам:

$$C_{\text{выд.}} = \{c_1, c_2, c_3\}.$$

Необходимо найти распределение номенклатуры и объема закупки разнородных технических средств по годам планируемого периода, при котором ежегодно достигался бы рациональный прирост показателя функционального потенциала предприятия, с учетом приоритетности снабжения подразделений и изменений технического состояния (старения) техники и оснащенности подразделений (списания, ремонты образцов).

В математической постановке задача состоит в определении рационального вектора количеств поставляемых для предприятия образцов техники $x_{jf}^{\mu*}$ в каждом из годовых периодов $\{c_1, c_2, c_3, \dots\}$:

$$X^*(t) = (x_{1,1}^{1*}(t), x_{1,2}^{1*}(t), \dots, x_{j-1,f-1}^{\mu-1*}(t), \dots, x_{j,f}^{\mu*}(t)),$$

где: x – количество образцов техники;

μ – направления решения задач;

j – виды техники;

f – образцы (модификации) техники.

последовательно приводящего комплект техники предприятия из исходного состояния $S_0(t)$ в новое состояние $S_r(t+1)$ как за счет дополнения комплектов техники до установленных количеств, так и путем замены устаревшей техники в подразделениях, при этом обеспечивающий максимальный прирост показателя функционального потенциала предприятия при ограничениях на суммарную стоимость закупки:

$$\Delta Z_{S_0}(t) \rightarrow \max \quad (8)$$

при условиях:

$$S_{\text{зад.}}(t) - S_0(t) \leq S_r(t) \leq S_{\text{зад.}}(t) - S_{\text{совр.}}(t) \quad (9)$$

$$\Delta Z(t-1) \leq \Delta Z(t)$$

$$X^*(t) \times C_x(x_{jf}^{\mu}) \leq C_{\text{выд.}}$$

$$x_{jf}^{\mu} \in \{0, 1, \dots, S_{\text{зад.}}^{\mu}\},$$

где: μ – количество типовых направлений решения задач;

j – количество видов техники, используемых в рамках одного направления;

- f – количество существующих образцов (модификаций) техники одного вида;
- S_0 – фактическое количество техники в составе всех подразделений;
- $S_{0\text{совр.}}$ – количество современных образцов в составе всех подразделений;
- $S_{\text{зад.}}$ – суммарное нормативно установленное количество техники на предприятии;
- $C_x(x_{jf}^{\mu})$ – стоимость приобретения образа x_{jf}^{μ} ;
- $C_{\text{выд}}$ – финансовые средства, выделяемые на закупку техники.

Для небольших предприятий решение данной задачи возможно простым или сокращенным перебором всех возможных вариантов распределения $C_{\text{выд}}$ средств на закупку некоторых количеств x_{jf}^{μ} образцов для каждого из видов j для μ направлений, например, на сетевой модели предприятия или методом ветвей и границ [3].

Для корпораций, в структуре которых присутствует большое множество типов подразделений, оснащенных разнотипной техникой, метод прямого (сокращенного) перебора неприменим, так как время решения данной задачи будет экспоненциально расти с ростом числа элементов матрицы распределения [4].

В данном случае более эффективным методом решения будет являться замена сложной многовариантной задачи многократным решением простых задач с малым количеством исследуемых вариантов. При этом экспоненциальная задача может быть решена за псевдополиномиальное время посредством применения метода динамического программирования и предварительной подготовки исходных данных.

Решение задач методами динамического программирования проводится на основе сформулированного в 1953 г. Р.Э. Беллманом принципа оптимальности: *оптимальное поведение обладает тем свойством, что каким бы ни было первоначальное состояние системы и первоначальное решение, последующее решение должно определять оптимальное поведение относительно состояния, полученного в результате первоначального решения* [5].

В основе метода динамического программирования (ДП) лежит принцип последовательной оптимизации: разложения исходной задачи оптимизации большой размерности на небольшие и менее сложные подзадачи. При этом процесс принятия решения также разбивается на ряд однотипных шагов или этапов, на каждом из которых принимается промежуточное решение по рациональным составам закупок через фиксированные интервалы (промежутки времени), что и определяет динамическую сущность данного класса задач. В целом математический аппарат можно представить как пошаговое или поэтапное программирование, при котором выполнение каждого шага должно проводиться с ориентацией на общий результат, получаемый по завершении всего процесса, что и позволяет последовательными шагами оптимизировать конечный результат по выбранному критерию [6].

Процесс формирования рационального варианта закупки техники будем рассматривать как многошаговый процесс последовательного наращивания состава закупаемых технических средств. Весь процесс разобьем на R шагов и будем на каждом k -м шаге оптимизировать состав не по всем образцам, а только по образцам с k -го по R -тый. При этом считаем, что на остальные образцы (с первого по $(k-1)$ -й) будут оставаться финансовые средства, и поэтому на оснащение с k -го по R -тый вид пойдут не все средства, а некоторая уменьшаемая на каждом шаге сумма

$$C_k \leq C_{\text{выд.}}$$

Величина C_k будет являться *переменной состояния системы*.

Переменной управления на k -м шаге назовем величину x_{jk}^μ – количество образцов техники, выбранных для закупки.

Включение в закупку на каждом k -ом шаге x_{jk}^μ образцов будет обеспечивать некоторый прирост показателя функционального потенциала предприятия $\Delta Z_{S_0}(t)$

$$\Delta Z_{S_0}(k+1) = \Delta Z_{S_0}(k) \times \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k k_{\mu} \times k_j^{\mu} \times x_{jk}^{\mu} \times m(x_{jk}^{\mu}) \times e(x_{jk}^{\mu}), \quad (10)$$

изменение состава закупаемых технических средств $S_k = S_{k-1} + x_{jk}^{\mu}$,

и уменьшение переменной состояния системы C_k (остаток средств)

$$C_{k+1} = C_k - \sum_{\mu=1}^{\mu} \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k x_{jk}^{\mu} \times c_{\text{обр}}(x_{jk}^{\mu}) \quad (11)$$

Для каждого возможного состояния на каждом шаге среди всех возможных управлений выбирается оптимальное число образцов $x_{jk}^{\mu*}$, такое, чтобы прирост ΔZ_{S_0} , который достигается за шаги с k -го по R -й, оказался бы оптимальным. Числовая характеристика этого результата называется функцией Беллмана $F_k(S)$ и зависит от номера шага k и состояния системы S .

При выборе решения при шаговом управлении необходимо учитывать возможные исходы предыдущего шага и влияние полученного решения x_{jk}^{μ} на все оставшиеся до конца процесса шаги ($R - k$).

В задачах динамического программирования первое требование учитывают, делая на каждом шаге условные предположения обо всех возможных вариантах окончания предыдущего шага и проводя для каждого из вариантов условную оптимизацию. Выполнение второго требования обеспечивается тем, что в этих задачах условная оптимизация проводится от конца процесса к началу.

Задача оптимизации решается в два этапа. На первом этапе, называемом условной оптимизацией, определяются функция Беллмана и оптимальные управления для всех возможных состояний на каждом шаге k .

Прежде всего, определим потребное множество $S_V(t)$ образцов техники, которое потенциально возможно рассматривать при формировании закупки. Данное множество может формироваться на основе только отсутствующих (списанных, вышедших из строя) на момент прогноза t технических средств или может быть расширенно включением в него устаревшей (с высокой выработкой ресурса), но все еще эксплуатируемой на предприятии, техникой:

$$S_{\text{зад.}}(t) - S_0(t) \leq S_V(t) \leq S_{\text{зад.}}(t) - S_{\text{совр.}}(t)$$

Для представления априорных характеристик всех рассматриваемых к закупке модификаций образцов техники используется вектор $S_V(t)$:

$$S_V(t) = \{A_{1,1}^1, Ax_{1,2}^1, \dots, A_{j_f}^{\mu}\}$$

где $A_{j_f}^{\mu}$ - элемент, содержащий кортеж показателей, характеризующих каждый образец техники:

$$A_{j_f}^{\mu} = \langle c_f(t); e_f(t); m_f(t) \rangle$$

c_f – стоимость приобретения образца;

e_f – показатель вклада образца в функциональный потенциал, $e_f \in (0 \dots 1)$);

m_f – потребное количество образцов.

При небольшом количестве потребной техники для проведения оптимизации используется рабочая матрица V , размерность которой равна

$$\sum_{1}^{\mu} \sum_{1}^j \sum_{1}^f m_{jf}^{\mu} \times R$$

Строка матрицы соответствует единичному образцу техники, а их количество равно общему числу потребных предприятию образцов техники (сумма значений m_{jf}^{μ} всех элементов A_{jf}^{μ}). Столбец соответствует текущему значению переменной состояния системы S_k (инкрементно увеличиваемая на каждом из шагов оптимизации сумма средств), а их количество равно выбранному числу шагов оптимизации R .

При выборе состава закупки для большого количества техники для сокращения числа рассматриваемых вариантов проводится уменьшение размерности рабочей матрицы путем двоичного кодирования потребных количеств m_{jf}^{μ} образцов [7]. Таким образом, m_{jf}^{μ} одинаковых образцов техники заменяется на $\log_2 m_{jf}^{\mu}$ искусственно заданных «образцов» и для каждого элемента A_{jf}^{μ} в рабочей матрице будет формироваться не m_{jf}^{μ} строк с одинаковыми показателями, а α строк, показатели $A_{jf}^{\mu*}$ которых инкрементно увеличиваются в $\log_2 m_{jf}^{\mu}$ раз:

$$V(A_{jf}^{\mu}) = \begin{pmatrix} c_f(t)_1; e_f(t)_1; 1 \\ c_f(t)_2; e_f(t)_2; 1 \\ c_f(t)_3; e_f(t)_3; 1 \\ \dots \\ c_f(t)_m; e_f(t)_m; 1 \end{pmatrix} \rightarrow V^*(A_{jf}^{\mu*}) = \begin{pmatrix} 2^0 c_f(t)_1; 2^0 e_f(t)_1; 1 \\ 2^1 c_f(t)_2; 2^1 e_f(t)_2; 2 \\ 2^2 c_f(t)_3; 2^2 e_f(t)_4; 4 \\ \dots \\ 2^{\alpha-1} c_f(t)_\alpha; 2^{\alpha-1} e_f(t)_\alpha; 2^{\alpha-1} \\ D c_f(t)_{\alpha+1}; D e_f(t)_{\alpha+1}; D \end{pmatrix}$$

где $\alpha = \lceil \log_2 m_{jf}^{\mu} \rceil$, $D = m_{jf}^{\mu} - \sum_{i=0}^{\alpha-1} 2^i$,

Такой подход позволяет при поиске оптимального количества технических средств вместо, например, 600 записей с однотипными образцами при расчетах использовать всего 10 записей ($\log_2 600=9.229$) искусственно заданных «образцов», что существенно сокращает время перебора вариантов и ресурсы используемой при этом памяти.

Функция Беллмана, определяемая для последнего R -ого шага, будет иметь вид:

$$F_R(S) = \max_{X_R^*} \{ \Delta Z_R^{\sigma'}(S_R, X_R^*) \}. \quad (12)$$

В соответствии с этим оптимум будет выбираться среди всех возможных вариантов закупки данного образца СТС на всю сумму $S_{\text{выд}}$.

На втором шаге оптимум X_{R-1}^* будет выбираться уже с учетом возможных решений X_R^* и затрачиваемых на это средств, полученных на предыдущем шаге.

Дальнейшие вычисления производятся согласно рекуррентному соотношению, связывающему функцию Беллмана на каждом шаге с этой же функцией, но вычисленной на предыдущем шаге. В общем виде это уравнение имеет вид [8]:

$$F_k(S_{k-1}) = \max_{x_k} \{ \Delta Z_k^{\sigma'}(S_{k-1}, x_k) + F_{k+1}(S_k) \}. \quad (13)$$

Этот максимум (или минимум) определяется по всем возможным для k и S значениям переменной управления x_{jk}^{μ} .

После того, как функция Беллмана и соответствующие оптимальные количества образцов СТС x_k^* найдены для всех шагов с R -го по первый, в соответствии с алгоритмом обратной прогонки осуществляется второй этап решения задачи, называемый безусловной оптимизацией. Пользуясь тем, что на первом шаге ($k = 1$) состояние системы известно – это ее начальное состояние S_0 , можно найти оптимальный результат за все R шагов и оптимальное количество техники на первом шаге x^*_1 , которое этот результат доставляет.

После первого шага (включение в закупку x^*_1 образцов техники) комплект техники предприятия перейдет в новое состояние $S'(S, x^*_1)$, исходя из которого, используя результаты условной оптимизации второго шага, находится оптимальное количество техники другого вида x^*_2 , и так далее, до R -го шага.

При «обратном проходе» при поиске оптимальных значений x^*_k автоматически будут учитываться также ограничения по включению в вариант закупки технических средств подразделений по количеству образцов техники каждого вида.

Пример

Далее представлен пример использования предложенного методического подхода для поиска рационального состава закупок на ограниченные средства.

Допустим, выделено 15 000 рублей на приобретение комплекта техники из пяти различающихся образцов техники. Цены и показатели эффективности образцов представлены ниже (Строка таблицы А1 соответствует состоянию, когда на всю сумму C_k закупается только техника вида А1. Эффективность образца А1 $w_1=0,5$, а его цена $c_1=6$. Поэтому при $C_k < 6$ невозможно закупить этот образец и значения прироста эффективности в ячейках шагов $k \in \{1, \dots, 5\}$ равны 0. При $C_k \geq 6$ закупка возможна, в соответствующие ячейки строки А1 таблицы записываются соответствующие значения прироста эффективности равные 0,5.

Таблица 1).

Прежде всего, для сокращения размерности матрицы вариантов перебора, целесообразно выполнить преобразование денежных единиц в условные единицы. Исходя из того что цена образцов имеет один порядок, возможно при расчетах применять условные единицы стоимости 1 усл. ед. = 1000 руб.

На первом этапе условной оптимизации на каждом k -ом шаге будем инкрементно увеличивать значения переменной состояния системы C_k (т.е. сумму, выделяемую на закупку на k -ом шаге), указывая получаемые при этом значения в заголовках столбцов таблицы (Таблица 2).

Строка таблицы А1 соответствует состоянию, когда на всю сумму C_k закупается только техника вида А1. Эффективность образца А1 $w_1=0,5$, а его цена $c_1=6$. Поэтому при $C_k < 6$ невозможно закупить этот образец и значения прироста эффективности в ячейках шагов $k \in \{1, \dots, 5\}$ равны 0. При $C_k \geq 6$ закупка возможна, в соответствующие ячейки строки А1 таблицы записываются соответствующие значения прироста эффективности равные 0,5.

Таблица 1

Характеристики образцов техники

Виды техники	Показатель эффективности w_j	Стоимость приобретения и эксплуатации образа c_j , руб.
--------------	--------------------------------	---

A1	0.5	6000
A2	0.3	4000
A3	0.1	3000
A4	0.3	2000
A5	0.6	5000

Таблица 2

Значения прироста эффективности, обеспечиваемые комбинациями видов и количеств техники на каждом из шагов программирования

Комбинация видов техники	Значения переменной состояния системы C_k														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A1	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
A1+A2	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
(A1+A2)+A3	0	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
(A1+A2+A3)+A4	0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,1	1,2
(A1+A2+A3+A4)+A5	0	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4

Строка A1+A2 соответствует состоянию, когда средства расходуются на закупку техники двух видов. Рассмотрев второй вид техники, имеющий меньшую цену и вносящий меньший чем первый вид, вклад в эффективность ($w_2=0,3$, $c_2=4$) видим, что значения прироста эффективности в ячейках строки для $k=3$ равны 0 (ни один образец нельзя закупить), для $k \in \{4, \dots, 5\}$ равны 0,3 (возможно закупить образец A2). Далее, рассматривая возможные сочетания видов образцов, осуществляется выбор комбинации, вносящей наибольший вклад в эффективность. Так, для шагов $k \in \{6, \dots, 9\}$ на выделенную сумму выгоднее закупить образец A1, поскольку его эффективность выше ($w_1=0,5$), а для шагов $k \in \{10, \dots, 15\}$ – закупить образцы каждого вида, обеспечив суммарный прирост эффективности 0,8.

Аналогично заполняются остальные строки массива. Например, значения прироста в ячейках строки A1+A2+A3 получены путем закупки:

- на шаге $k = 3$ – образца A3;
- на шагах $k = 4, 5$ – образца A2;
- на шагах $k = 6-8$ – образца A1;
- на шаге $k = 9$ – образцов A1, A3;
- на шагах $k = 10-12$ – образцов A1, A2;
- на шагах $k = 13-15$ – образцов A1, A2, A3.

На втором этапе «обратным проходом» ячеек таблицы проводится поиск комбинации видов техники, обеспечивающей указанное в нижней правой ячейке таблицы значение прироста эффективности.

Поскольку с использованием только четырех видов техники на последнем шаге программирования прирост эффективности составил 1,2, а с использованием всех пяти видов техники – 1,4 (значения указаны в ячейках 4 и 5 строк столбца $C_k=15$), образец A5 обязательно должен быть закуплен.

Далее, уменьшая C_k на значение цены образца A5 (перемещение по строке A1+A2+A3+A4 влево на $c_j=5$ ячеек), определяем максимальный прирост эффективности от комбинации из четырех образцов. Комбинации из четырех, трех и двух образцов обеспечивают одинаковый прирост эффективности на 0,8 по этой причине возможно исключить из рассмотрения образцы A4 и A5, а в закупку внести только первые два образца.

По результатам вычислений, рациональная закупка на выделенные 15 000 рублей будет состоять из образцов А1, А2 и А5 и обеспечит прирост эффективности на 1,4.

Выводы

Таким образом, исходя из прогнозных потребностей подразделений предприятия в технике, с использованием предложенного методического подхода становится возможным определить рациональный набор закупок образцов техники каждого вида, обеспечивающий максимальный для выделенных ассигнований прирост показателя технического уровня предприятия. Применение данной методики при обосновании централизованных закупок оборудования обеспечивает равномерное развитие технической основы всех подразделений предприятия ОПК.

Данный подход может быть также использован при обосновании финансовых расходов, необходимых для поддержания технического уровня предприятия, а также при оптимизации всей номенклатуры технических средств предприятия по критерию влияния образцов на функциональный потенциал предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попова Т.М. Методы безусловной оптимизации: Тексты лекций. - Хабаровск: Тихоокеанский ГУ, 2013. – 76 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. - 6-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.
3. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 367 с.
4. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. - М.: Мир, 1985. - 512 с.
5. Ломкова Е.Н., Эпов А.А. Экономико-математические модели управления производством (теоретические аспекты): Учеб. пособие / Волгоградский ГТУ, Волгоград, 2005. – 67 с.
6. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования - М.: Наука, 1965. - 460 с.
7. Pisinger D. Algorithms for knapsack problems – Denmark: University of Copenhagen, 1995. – 199 с.
8. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах – М.: Высшая школа, 1986. – 319 с.

Titorenko. Viktor Vladimirovich

«46 Central Research Institute» of Ministry of Defense of Russian Federation
Russia, Moscow
E-mail: vitit@mail.ru

Methodical approach to a rational structure heterogeneous industrial technologies formation by defense-industrial enterprise of in terms of limited allocations

Abstract. Features of defense-industrial enterprise profit formation provides the situation according to which receipt of maximum technical basis development investments efficiency is possible only when appropriated funds are distributed among all subdivisions in proportion to their contribution in functional potential of enterprise.

Existence of different-type subdivisions equipped with diverse technique complicates qualitative assessment of technic demands and rational procurement formation. It leads to uneven enterprise structure development and appearance of subdivisions that inhibited production process.

In the article propositions on the methods of rational structure heterogeneous industrial technologies procurement formation on the base of generalized assessment of subdivision technique demands and distribution of appropriated funds for the maximum contribution technique procurement using the method of dynamic programming are stated.

The necessity of planned long-term balanced development of all enterprise's divisions - this postulate underlies of methodology. This methodology is aimed to solving problems of industrial technique life-cycle mathematic modeling, defense-industrial enterprise's equipment demands prediction and the development optimization.

Keywords: equipment usage efficiency; functional potential of enterprise; rational procurement; technical re-equipment reasonable costs; method of dynamic programming; indicator of the technical condition; balanced development

REFERENCES

1. Popova T.M. Metody bezuslovnoy optimizatsii: Teksty lektsiy. - Khabarovsk: Tikhookeanskiy GU, 2013. – 76 s.
2. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnostey: Ucheb. dlya vuzov. - 6-e izd. ster. - M.: Vysshaya shkola, 1999. - 576 c.
3. Shelobaev S.I. Matematicheskie metody i modeli v ekonomike, finansakh, biznese: Ucheb. posobie dlya vuzov. - M.: YuNITI-DANA, 2001. - 367 s.
4. Papadimitriu Kh. Kombinatornaya optimizatsiya. Algoritmy i slozhnost'. / Kh. Papadimitriu, K. Stayglits. - M.: Mir, 1985. - 512 s.
5. Lomkova E.N., Epov A.A. Ekonomiko-matematicheskie modeli upravleniya proizvodstvom (teoreticheskie aspekty): Ucheb. posobie / Volgogradskiy GTU, Volgograd, 2005. – 67 s.
6. Bellman R., Dreyfus S. Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya - M.: Nauka, 1965. - 460 s.
7. Pisinger D. Algorithms for knapsack problems – Denmark: University of Copenhagen, 1995. – 199 s.
8. Akulich I.L. Matematicheskoe programmirovaniye v primerakh i zadachakh – M.: Vysshaya shkola, 1986. – 319 s.