

© 2021

**Павел Кохно**

доктор экономических наук, профессор,  
директор Института нечётких систем (Москва, Россия)  
(e-mail: pavelkohno@mail.ru)

**Алина Кохно**

кандидат экономических наук,  
начальник лаборатории Института нечётких систем (Москва, Россия)  
(e-mail: pavelkohno@mail.ru)

## МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье разработана экономико-математическая модель создания параметрического ряда конкурентоспособной военной продукции и продукции двойного предназначения, так как при определении её конкурентоспособности необходимо дать ей количественную оценку. Предложено создаваемую и осваиваемую в промышленном производстве новую продукцию по своему назначению классифицировать по двум группам: к первой группе относится продукция, предназначенная для удовлетворения новых потребностей общества; во вторую группу входит продукция, предназначенная для замены морально устаревших изделий. При этом методика расчета совокупности параметров (тактико-технических характеристик) нового изделия предлагается для использования в условиях применения сквозного принципа планирования в цикле «наука — производство». Наглядно (графически) изображен процесс обновления номенклатуры конкурентоспособной продукции, серийно выпускаемой в течение пяти лет. Кроме того, разработаны математические зависимости по оптимизации стоимости обновлённого образца на стадии его разработки, то есть когда закладываются технические и конструктивные возможности для последующей модернизации.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, конкурентоспособная продукция, экономико-математическая модель, номенклатура продукции, параметры продукции, принципы планирования, интервал обновления, модернизационная пригодность.

DOI: 10.31857/S020736760016142-5

Промышленное предприятие будущего представляет собой ядро, состоящее из трех стратегических элементов — ключевых направлений трансформации экономики:

- инновации (процессного и продуктового характера);
- ключевые параметры изменений в зависимости от типа промышленности;
- модернизация системы управления.

Стремление к достижению «умного предприятия» акцентирует внимание на производительности всего предприятия (снижение отходов, потребление электроэнергии, уменьшение времени вывода новой продукции, повышение

качества). Реализация модели «умного» производства в промышленной отрасли в большей степени обусловлена стремлением решать задачи, определяемые тенденциями и макросредой, имеющим место в экономике с большей эффективностью (с экономической точки зрения – с большей прибылью на единицу затрат).

Следует отметить, что главное препятствие заключается в необходимости полного пересмотра модели производственного процесса для реализации концепции «умных» предприятий в различных отраслях производства. Другое ограничение на современном этапе экономического развития заключается в привязке к конкретному виду сырья, при этом для перехода на различные его виды возникает потребность в значительной перестройке производства. Помимо этого, следует пересмотреть организацию вспомогательных процессов, таких как водо-, энерго-, тепло-, воздухоснабжение, логистические механизмы. При этом современные технологии дают производителю при подключении оборудования с помощью стандарта Wi-Fi возможность узнать об эффективности его использования.

Интеллектуальный параметр производственной системы должен охватывать не только отдельный производственный процесс, но и всю стадию от заказа до отгрузки продукции, что будет отвечать современным параметрам конкурентоспособной промышленности по разработке и выпуску обновлённой конкурентоспособной продукции (КП). Об этом – ниже.

Обновление конкурентоспособной продукции (КП) осуществляется путем освоения в производстве нового изделия КП, наращивания объемов его выпуска и прекращения производства устаревших изделий. Освоение и наращивание объемов выпуска нового изделия КП направлены на удовлетворение потребностей общества в новой продукции на современном этапе развития Российской Федерации. Создаваемая и осваиваемая в производстве новая продукция по своему назначению может быть разделена на две группы.

К первой группе относится продукция, предназначенная для удовлетворения новых потребностей общества. В нее входит конкурентоспособная продукция, впервые изготавливаемая в стране и по своим технико-экономическим показателям отвечающая требованиям современного уровня развития техники и технологий.

Во вторую группу входит продукция, предназначенная для замены морально устаревших изделий, — аналогичная, но более эффективно удовлетворяющая прежние потребности общества. Эта продукция может создаваться либо в процессе выполнения полного цикла разработки, либо путем модернизации ранее выпущенной КП — улучшения ее важнейших технико-экономических показателей с учетом требований потребителей без проведения принципиальных изменений.

Количественные соотношения между группами новой продукции разного назначения определяются характером ее поэтапного совершенствования,

предусматривающего постепенное улучшение технико-экономических показателей (эволюционный путь развития) или внедрение новых технических и технологических принципов (революционный скачок).

Критерии новизны создаваемой конкурентоспособной продукции в настоящей статье не рассматриваются, в связи с чем принимается положение о том, что они заложены и полностью учтены в процессе разработки, и вся осваиваемая в производстве конкурентоспособная продукция соответствует требованиям современного уровня развития техники и технологий.

Снимаемую с производства морально устаревшую технику, в свою очередь, также можно разделить на две группы. Одну составляют такие виды продукции, потребность в которых на современном этапе полностью отпала, что соответствует качественному изменению потребностей общества — их обновлению. Причиной снятия с производства устаревшей техники второй группы является неудовлетворенность потребителя ее технико-экономическими показателями при сохранении потребности в ней. Устаревшая техника в этом случае заменяется в производстве и эксплуатационном парке потребителя соответствующей осваиваемой новой техникой. Отраслевое планирование освоения новой и снятия с производства устаревшей оборонной и гражданской продукции должно быть направлено на обеспечение эквивалентности замены как по номенклатуре, так и по объемным показателям с тем, чтобы дефицита у потребителя при реализации планов отрасли не возникало.

Процесс обновления выпускаемой продукции характеризуется, таким образом, номенклатурными и объемными соотношениями создаваемой новой и снимаемой устаревшей КП. Показатели же обновления номенклатуры и объемов выпускаемой продукции неразрывно связаны с временным фактором, т. е. определяют изменение доли новой продукции в конкретный промежуток времени. Предлагаемая методика расчета позволяет определить необходимые номенклатурные и объемные соотношения осваиваемой и снимаемой с производства устаревшей продукции для достижения установленного показателя обновления конкурентоспособной продукции в заданном промежутке времени.

Рассмотрим номенклатурное соотношение при обновлении конкурентоспособной продукции серийного выпуска.

Показатель обновления серийного выпуска продукции  $\delta_N$  в заданном интервале  $t_k - t_n$  определяется отношением номенклатуры КП  $N_{осв}(t_n, t_k)$ , освоенной в указанном интервале, к общей номенклатуре КП  $N_{вып}(t_k)$ , выпускаемой в конце интервала  $t_k$  и содержащей в своем составе  $N_{осв}(t_n, t_k)$ :

$$\delta_N(t_n, t_k) = N_{осв}(t_n, t_k) / N_{вып}(t_k), \quad (1)$$

Номенклатура конкурентоспособной продукции, выпускаемой серийно, в конце рассматриваемого временного интервала  $N_{вып}(t_k)$  определяется выражением:

$$N_{вып}(t_k) = N_{вып}(t_n) + N_{осв}(t_n, t_k) - N_{сн}(t_n, t_k), \quad (2)$$

где

$N_{вып}(t_n)$  – номенклатура КП, выпускаемой в начале интервала ( $t_n$ );

$N_{сн}(t_n, t_k)$  – номенклатура устаревшей КП, снятой с производства в том же интервале.

С учетом формулы (2) выражение (1) можно преобразовать следующим образом:

$$\delta_N(t_n, t_k) = N_{осв}(t_n, t_k) / (N_{вып}(t_n) + N_{осв}(t_n, t_k) - N_{сн}(t_n, t_k)), \quad (3)$$

Заметим, что интервал полного обновления выпускаемой КП ( $\delta_N = 1$ ) характеризуется равенством  $N_{вып}(t_n) = N_{сн}(t_n, t_k)$  и определяется интенсивностью процесса снятия с производства всех видов продукции, выпускаемой в начале интервала  $t_n$ .

Пусть временной интервал обновления  $t_k - t_n$  характеризуется целочисленным количеством лет ( $\Delta t = 1$ ). Тогда при  $t_n = 0$ ,  $t_k = \Delta t n = n$ , где  $n$  – последний год рассматриваемого интервала и одновременно его продолжительность, выражение (3) приобретает вид:

$$\delta_N(0, n) = \frac{\sum_{i=1}^n N_{осв_i}}{N_{вып_0} + \sum_{i=1}^n N_{осв_i} - \sum_{i=1}^n N_{сн_i}}, \quad (4)$$

где

$N_{вып_0} = N_{вып}(t_n)$ ;  $N_{осв_i}, N_{сн_i}$  – номенклатура ежегодно осваиваемой и снимаемой с производства продукции (техники) соответственно.

В соответствии с выражением (4) на рис. 1 изображен процесс обновления номенклатуры конкурентоспособной продукции, серийно выпускаемой в течение пяти лет ( $n = 5$ ).

На рис. 1 обозначения имеют следующий смысл:

Номенклатура осваиваемой продукции ( $N_{осв}$ ) и номенклатура снимаемой с производства продукции ( $N_{сн}$ ) распределены согласно порядковому номеру года рассматриваемого интервала, в течение которого эта номенклатура соответственно осваивается или снимается с производства.

Номенклатура конкурентоспособной продукции  $N_{вып_5}$ , серийно выпускаемой в конце интервала обновления ( $t_k = n = 5$ ), включает номенклатуру освоенной КП, выпускаемой в течение 1 года, 2, 3, 4 и 5 лет.

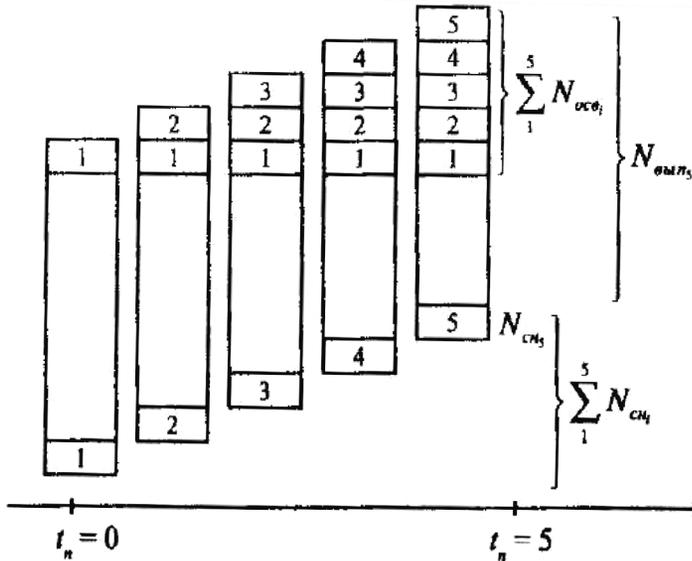


Рис. 1. Обновление номенклатуры конкурентоспособной продукции в течение пятилетки

Номенклатура КП  $N_{вып_0}$  предшествующих лет выпуска ( $t \leq t_n$ ) по годам освоения не распределена.

С целью иллюстрации использования трехлетнего интервала обновления, на которой освоение КП считается новой, для третьего, четвертого и пятого годов пятилетки, номенклатура КП, выпускаемой не более трех лет, выделена жирной линией; например, для пятого года пятилетки эта сумма конкурентоспособной продукции, выпускаемой в течение трех лет (3), двух (4) и одного года (5).

В соответствии с выражениями (1) и (4):

$$N_{вып_5} = N_{вып_0} + \sum_{i=0}^5 N_{осв_i} - \sum_{i=0}^5 N_{сч_i} \quad \text{при } 0 < i \leq n, \quad (5)$$

$$N_{вып_0} = \sum_{i < 0}^0 N_{осв_i} - \sum_{i < 0}^0 N_{сч_i} \quad \text{при } i \leq 0, \quad (6)$$

В выражении (6)  $N_{вып_0}$  рассматривается как разность номенклатур всей ранее освоенной и всей снятой с производства конкурентоспособной продукции к моменту времени  $t_n = 0$ .

Конкретный вид КП, снимаемой с производства в  $i$ -м году и, естественно, входящий в номенклатуру  $N_{сн}$ , был освоен в производстве в  $j$ -м году предыдущего временного периода. В этом случае временной интервал  $t_i - t_j$  — продолжительность серийного выпуска КП данного вида. Вся номенклатура снимаемой в  $i$ -м году КП  $N_{сн_i}$  представляет собой сумму номенклатур конкурентоспособной продукции конкретных видов, освоенных в производстве в разное время предыдущего временного интервала. Распределение этих номенклатур во времени является дискретным и характеризуется совокупностью лет их освоения в производстве и количеством конкретных видов КП, освоенных в каждом году указанной совокупности.

Таким образом,

$$N_{сн_i} = \sum_{j=l_j}^{n_i} N_{сн_{ji}} \quad \text{при } 0 < i \leq n, \quad (7)$$

где

$n_i$  — год освоения в производстве КП, снятой с производства в  $i$ -м году и имеющей минимальную продолжительность серийного выпуска ( $t_i - t_{m_i}$ ) в номенклатуре КП  $N_{сн_i}$  ;

$l_i$  — год освоения КП, имеющей максимальную продолжительность выпуска ( $t_i - t_{l_i}$ );

$N_{сн_{ji}}$  — номенклатура КП, освоенной в  $j$ -м году и снятой с производства в  $i$ -м году.

Исходя из характера причинно-следственной связи освоения КП в производстве и снятия ее по мере устаревания следует, что  $j \leq i$ . Равенство,  $j = i$  соответствует выпуску разовой партии конкурентоспособной продукции, которая при выбранной дискретности времени рассматривается как осваиваемая и снимаемая с производства в течение одного года. В данном случае, хотя и обеспечивается обновление эксплуатационного парка в соответствии с запросами потребителя, но для отрасли он не является типичным и в дальнейшем не рассматривается.

При  $j \leq i$  и фиксированной продолжительности целочисленного интервала обновления снимаемые с производства изделия с короткой продолжительностью их серийного выпуска могут попадать в исследуемый интервал и как осваиваемые, и как снимаемые с производства, что соответствует неравенству  $0 < j < i \leq n$ . Указанные изделия в таком случае не войдут в номенклатуру выпускаемой в конце интервала КП  $N_{вып}(t_k)$ , что противоречит принятому ранее определению и ограничивает область применения выражений (1) и (3). Расчеты могут быть проведены при сокращении предлагаемой продолжительности

интервала обновления до величины, соответствующей выполнению неравенства  $i - j \geq n$ .

Таким образом, продолжительность интервала обновления ограничена, с одной стороны, выбранной дискретностью времени  $\Delta t$ , а с другой – продолжительностью серийного выпуска снимаемой в этом интервале конкурентоспособной продукции  $t_i - t_j$  и находится в пределах  $i - j \geq n \geq \Delta t = 1$ .

Например, если в снимаемой КП имеются изделия, выпускаемые с предыдущего года ( $i - m_i = 1$ ), то показатель обновления КП  $\delta_N$  должен рассматриваться только во временном интервале, равном одному году; соответственно, если  $i - m_i = 2$ , то  $n \leq 2$  и т. д.

Ежегодно номенклатура продукции  $N_{сн.}$ , снимаемой с производства, частично заменяется освоенной ранее, а частично снимается без замены:

$$N_{сн.}_i = N_{сн.б.з.}_i + N_{сн.з.}_i, \quad (8)$$

где  $N_{сн.б.з.}_i$ ,  $N_{сн.з.}_i$  – номенклатура продукции, снимаемой с производства в  $i$ -м году соответственно без замены, так как в интервале  $t_i - t_j$  потребность в ней отпала, и с заменой новой  $N_{освз.}_{i-f}$ , освоенной на  $f$  лет ранее.

Во временном интервале  $t_i - t_{j-f}$  происходит наращивание объемов выпуска новой, заменяющей технологии  $N_{освз.}_{i-f}$ . Продолжительность интервала  $t_i - t_{j-f}$  для каждого вида заменяющей продукции определяется динамикой нарастания ее выпуска, которая обеспечивает в  $i$ -м году эквивалентную замену устаревшего аналога.

В общем случае  $N_{сн.з.}_i \geq N_{освз.}_{i-f}$ , что обеспечивается достижениями в области унификации, проводимой в интервале  $t_i - f^{-t_j}$ , с целью сокращения номенклатуры вновь выпускаемой продукции путем разработки и выпуска оптимального количества базовых моделей. Производство ограниченной номенклатуры базовых моделей обуславливает минимизацию суммарных затрат на их разработку и на производство всей продукции, заменяющей устаревшую, при выполнении необходимых технических и эксплуатационных требований.

Номенклатура ежегодно осваиваемой в производстве продукции  $N_{осв.}_i = N_{осв.}_i + N_{освз.}_i$  должна быть во времени возрастающей прямой, что отражает рост потребностей в новой технике на современном этапе научно-технического и технологического прогресса и обеспечивается растущим научно-техническим и технологическим потенциалом отрасли.

Рост номенклатуры осваиваемой продукции во времени определяется ежегодным увеличением номенклатуры принципиально новой продукции  $N_{осв_{ni}}$ , опережающим в настоящее время сокращение номенклатуры осваиваемой унифицированной продукции  $N_{осв_{zi}}$ , предназначенной для замены устаревшей.

Рассмотрим номенклатурные соотношения освоенной, выпускаемой и снятой продукции к моменту начала интервала ее обновления  $t_n = 0$  для предшествующих лет освоения  $i \leq 0$ . Номенклатура продукции, снятой к моменту  $t_n = 0$  с производства  $N_{сно_j}$  для каждого значения,  $j \leq -1$ , описывается выражением

$$N_{сно_j} = \sum_{i=j+1}^0 N_{сн_{ji}}, \quad (9)$$

Номенклатура выпускаемой в момент  $t_n = 0$  продукции  $N_{выпо_i}$  для каждого значения  $i \leq 0$ , как это было показано выше, определяется разностью освоенной при этом значении  $i$  номенклатуры  $N_{осв_i}$  и снятой к моменту  $t_n = 0$  номенклатуры  $N_{сн_j}$  для  $j = i$ :

$$N_{выпо_i} = N_{осв_i=j} - N_{сно_j} = N_{осв_i=j} - \sum_{i=j+1}^0 N_{сн_{ji}}, \quad (10)$$

Обозначим следующие характерные точки:

$Z$  – год освоения в производстве продукции конкретного вида, выпускаемой в момент  $t_n = 0$  и имеющей максимальную продолжительность серийного выпуска (иными словами, все освоенные ранее  $Z$ -го года изделия к моменту  $t_n = 0$  сняты с производства);

$m_{иммак}$  – год освоения в производстве продукции конкретного вида, снятой к моменту  $t_n = 0$  с производства и имеющей минимальную продолжительность серийного выпуска, или, что то же самое, максимальный год освоения изделия из снятых с производства к моменту  $t_n = 0$ .

Выделенные точки  $Z$  и  $m_{иммак}$  делят описываемый процесс на три участка:

$$\begin{aligned} i < Z \quad N_{выпо_{oi}} &= 0 \quad N_{осв_{i=j}} = N_{сн_{oj}}, \\ Z \leq i \leq m_{иммак} \quad N_{выпо_{oi}} &= N_{осв_{i=j}} - \sum_{i=j+1}^0 N_{сн_{ji}}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$m_{\text{иммак}} < i \leq 0 \quad N_{\text{вып}_{oi}} = N_{\text{осв}_{i}}; \quad N_{\text{сн}_{oj}} = 0$$

В соответствии с изложенным, вся номенклатура выпускаемой в момент  $t_n = 0$  продукции  $N_{\text{вып}_o}$  (см. формулу 6) определяется как разность номенклатур всей ранее освоенной продукции и всей снятой с производства к моменту  $t_n = 0$ :

$$N_{\text{вып}_o} = \sum_{i=z}^0 N_{\text{осв}_i} - \sum_{j=z}^{m_{\text{иммак}}} \sum_{i=j<1}^0 N_{\text{сн}_{ji}}, \quad (12)$$

Процесс обновления продукции представлен для двух значений интервала обновления:  $n = 1$  и  $n = 5$  при условии  $0 < i \leq n; j \leq 0$ .

Распределение снятой с производства продукции к моменту  $t_k = 1$  по годам ее освоения  $N_{\text{сн}_{1j}}$  является суммой распределения  $N_{\text{сн}_{10}}$  и распределения снятой в этом году продукции  $N_{\text{сн}_{oj}}$ :

$$N_{\text{сн}_{1j}} = \sum_{i=j+1}^1 N_{\text{сн}_{ji}}, \quad (13)$$

Соответственно распределение выпускаемой продукции в момент  $t_k = 1$  по годам ее освоения  $N_{\text{вып}_{1i}}$  является разностью распределения  $N_{\text{вып}_{oi}} + N_{\text{осв}_1}$  и распределения снятой в этом году продукции:

$$N_{\text{вып}_{1i}} = N_{\text{осв}_{i=j}} - \sum_{i=j+1}^1 N_{\text{сн}_{ji}}, \quad (14)$$

Таким образом, за первый год пятилетки ( $n = 1$ ) к номенклатуре выпускаемой продукции  $N_{\text{вып}_o}$  добавляется номенклатура продукции, освоенной в этом году —  $N_{\text{осв}_1}$  и исключается из нее номенклатура снятой в этом году продукции:

$$N_{\text{сн}_1} = \sum_{i_1}^{m_1} N_{\text{сн}_{j1}}$$

Следовательно, в конце интервала обновления выпускается продукция но-

менклатуры  $N_{вып_1}$ , равная:

$$N_{вып_1} = \sum_{i=z}^1 N_{осв_i} - \sum_{j=z}^m \sum_{i=j+1}^1 N_{сн_{ji}}, \quad (15)$$

Для определения конкретных значений номенклатуры осваиваемой и снимаемой с производства продукции в интервале  $n$  при установленном показателе обновления  $S_N$  примем следующие допущения:

$$\begin{aligned} N_{осв_1} = \dots = N_{осв_n} = N_{осв} = const, \\ \dots N_{сн_1} = \dots = N_{сн_n} = N_{сн} = const. \end{aligned} \quad (16)$$

Выражение (8) с учетом допущений (16) приобретает вид:

$$\delta_N(0, n) = \frac{nN_{осв}}{N_{вып_0} + nN_{осв} - nN_{сн}}. \quad (17)$$

Тогда

$$N_{сн} = \frac{N_{вып_0}}{n} - \frac{1 - \delta_N}{\delta_N} N_{осв}. \quad (18)$$

Установим показатель обновления номенклатуры выпускаемой продукции  $\delta_N = 0,33 + 0,35$  за пятилетку ( $n = 5$ ) и примем  $N_{вып_0} = 100$ . Современный этап развития техники и технологий будем характеризовать соотношением:  $N_{сн} = (0,7 + 0,8) N_{осв}$ .

Областью решений уравнения является площадь пересечения двух секторов:

$$\delta_N = 0,33 + 0,35 \text{ и } N_{сн} = (0,7 + 0,8) N_{осв}.$$

Координаты каждой точки, лежащей внутри четырехугольника:  $a(7,14; 5,70)$ ,  $b(1,53; 6,02)$ ,  $в(7,82; 5,55)$ ,  $г(7,41; 5,18)$  – удовлетворяют решению уравнения (7). Выбор  $N_{вып_0} = 100$  позволяет исследовать для определения значений  $N_{осв}$  и  $N_{сн}$  в процентах от любого возможного значения  $N_{вып_0}$ .

Путем подстановки заданных условий в выражение (5) определим номенклатуру выпускаемой продукции в конце интервала обновления  $N_{вып}(t_k) = 107,5$ , то есть в конце пятилетки. Следует отметить, что все решения, не удовлетворяющие условию  $N_{сн} = N_{осв}$ , вызывают количественные изменения выпускаемой номенклатуры в конце интервала обновления  $N_{вып}(t_k)$ .

Проведению расчетов должны предшествовать сбор информации и анализ научных и производственных возможностей освоения разрабатываемой и замены устаревшей продукции в заданном интервале обновления. Располагая данными о номенклатуре выпускаемой, осваиваемой и снимаемой с производства техники, можно определить максимально возможную продолжительность интервала обновления по результатам анализа распределения номенклатуры планируемой к снятию техники:

$$i - m_{i\max} \geq n \text{ при } 0 < i \leq n.$$

Допустим, что полученный интервал обновления больше или равен заданному, тогда с помощью выражения (3) определим показатель обновления в этом интервале. Если найденное значение указанного показателя равно или превышает установленное, то реализация принятых планов освоения и снятия дает возможность достигнуть установленного показателя обновления. Если же найденные значения показателя обновления меньше установленного, то, построив номограмму, найдем новые значения  $N_{осв}$  и  $N_{сн}$ , которые необходимо реализовывать в планах в заданном временном интервале для достижения установленного показателя. Если полученная максимально возможная продолжительность интервала обновления меньше заданной, то целесообразно провести аналогичные расчеты по основной номенклатуре – либо по полной, либо разбив ее по группам продукции (техники).

При обновлении продукции необходимо определить её стоимость, то есть рассчитать оптимизацию образца, когда уже на стадии разработки изделия закладываются технические и конструктивные возможности для последующей модернизации. В настоящее время обновление, как правило, может происходить с периодом 10–15 лет, что делает возможность реакции на это путем создания нового средства весьма проблематичным, поскольку длительность НИОКР<sup>1</sup> по созданию современных эффективных средств вооружённой борьбы может составлять от 5 до 10 лет. Заранее прогнозировать технические характеристики новых изделий противника затруднительно. Поэтому для достижения требуемой эффективности изделия в приемлемые сроки фактически нет альтернативы запланированной модернизации, при которой повышение тактико-технических характеристик средства можно достичь не только в гораздо более сжатые сроки, но и с меньшим техническим риском.

В авторской монографии<sup>2</sup> рассмотрена задача минимизации стоимости жизненного цикла (ЖЦ) при заданной (не ниже требуемой) функциональной или

<sup>1</sup> Кохно П.А., Ситников С.Е. Прикладные НИОКР – центральное звено инновационных проектов // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2017. № 2. С. 42–50.

<sup>2</sup> Кохно П.А., Кохно А.П. Эффективный оборонно-промышленный комплекс: монография. / Отв. ред. д.э.н., проф. П.А. Кохно // М.: Граница, 2018. 432 с.

боевой эффективности образца, где в качестве критериального показателя выбраны среднегодовые затраты на единичный образец на протяжении всего ЖЦ:

$$\bar{C} = \frac{1}{T(\bar{x}(t), \bar{y}(t))} \left[ \frac{1}{n} \int_{t_c}^{t_0} 3(\bar{x}(t), \bar{y}(t)) dt + \int_{t_c}^{t_{ox}} 3(\bar{x}(t), \bar{y}(t)) dt \right], \quad (19)$$

или в упрощенном виде

$$\bar{C} = \frac{1}{T} \left( \frac{1}{n} (C^{НИР} + C^{ОКР}) + C^{СЕР} + \sum_{t=t_c}^{t_{ox}} C_t^{ЭК} + C^{КР} \right) \quad (20)$$

где:

$\bar{x}(t), \bar{y}(t)$  свойства образца и условия их реализации в момент  $t$ ;

$n$  – число изделий образца, поставленных в войска;

$t_0$  – момент начала ЖЦ (начало НИОКР);

$t_{ox}$  – момент окончания ЖЦ (снятие с вооружения);

$t_c$  – момент поставки в войска;

$T$  – длительность ЖЦ ( $T = t_{ox} - t_{ii}$ ), которая определяется тем периодом, на котором образец сохраняет достаточный уровень эффективности (не ниже требуемого);

$C^{НИР}, C^{ОКР}, C^{СЕР}, C^{КР}, C^{ЭК}$  – стоимости НИР, ОКР, серийного производства, стоимость капитального ремонта и стоимость эксплуатации в год  $t$  соответственно.

При реализации модернизационного задела в образце несколько увеличиваются затраты на ОКР и серийное производство, поскольку требуется внесение некоторой конструктивной и (или) функциональной избыточности для обеспечения модернизационной пригодности. Также требуются ассигнования на ОКР по модернизации. Отметим, что затраты на ОКР по модернизации значительно меньше затрат на ОКР по разработке совершенно нового образца. Также важным эффектом запланированной модернизации является снижение затрат на производство модернизируемых изделий, поскольку нет необходимости производить новые изделия, но достаточно проводить доработку уже существующих изделий. При этом зачастую не требуется новых носителей (транспортной базы), несущих конструкций, ряда технических систем. Длительность эксплуатации при сохранении эффективности образца за счет модернизационных мероприятий значительно увеличивается, при этом нет необходимости разрабатывать новый полномасштабный образец, что обуславливает снижение среднегодовых затрат. Как альтернативу модернизации для обеспечения такой же функциональной (боевой) эффективности следует рассматривать последовательную замену друг другом новых образцов. То есть можно рассматривать две стратегии поддержания функциональной (боевой) эффективности: можно заменить устаревший образец совершенно новым,

затем этот новый заменить еще более новым и т.д., или производить замену устаревших образцов модернизируемыми (рис. 2).

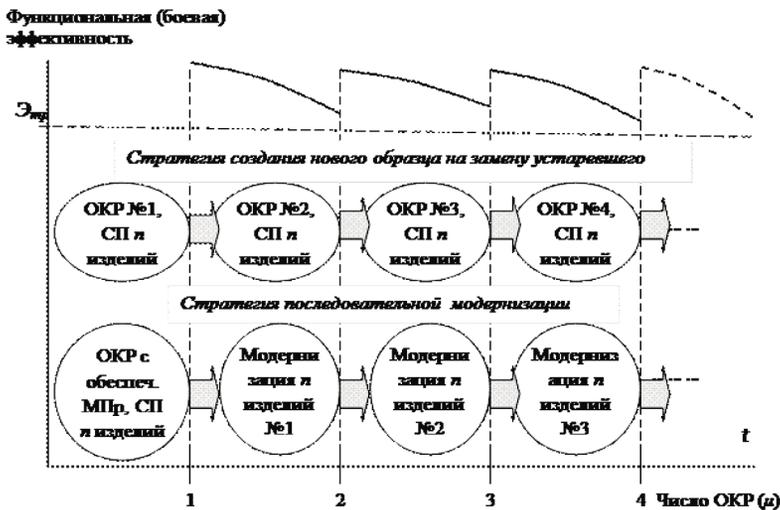


Рис. 2. Стратегии поддержания требуемого уровня эффективности образца (где:  $\mathcal{E}_{mp}$  – требуемый уровень эффективности;  $t$  – время)

Снижение среднегодовых затрат при модернизациях одного образца по сравнению с разработкой ряда новых образцов определяется по формуле:

$$\Delta \bar{C} = \frac{1}{T} \left( \frac{\mu}{n} (C^{НИР} + C^{ОКР}) + \mu C^{СЕР} + \tau C_i^{ЭКС} + C^{КР} \right) - \frac{1}{T} \left( \frac{1}{n} (C^{НИР} + C_m^{ОКР}) + C_{СП}^{омт} + (\mu - 1) C_m^{СЕР} + \tau C_{mi}^{ЭКС} + C_m^{КР} \right), \quad (21)$$

где индекс  $m$  относится к случаю модернизируемого образца;

$\tau$  – суммарная длительность эксплуатации образцов без модернизации, равная длительности эксплуатации одного образца с модернизацией;

$C_{СП}^{омт}$  – затраты на изделие с оптимальным уровнем модернизационной пригодности (МПр).

В статье<sup>3</sup> приведены среднестатистические соотношения затрат на стадиях ЖЦ образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) (таблица 1), так как затраты на разработку модернизируемого образца складываются из затрат на проведение полномасштабной ОКР без обеспечения МПр, затрат на обеспечение

<sup>3</sup> Луценко А.Д., Орлов В.А., Бывших Д.М. Экономико-математические модели реализации различных стратегий развития системы вооружения радиоэлектронной борьбы // Радиопромышленность. 2017. № 3. С. 113–122.

оптимального значения МПр и затрат при модернизации на разработку новых ТУ, РКД, ЭД. Используя значения таблицы 1, преобразуем формулу (21) для расчёта стоимости стадий ЖЦ через стоимость серийного производства:

$$\Delta\bar{C} = \frac{C^{CEP}}{T} \left( \frac{2,4\mu - 3,1}{n} + 0,7\mu - 0,01\tau - 1,025 \right) \quad (22)$$

Отметим, что  $\tau = T - t_{\text{ниокр}}$ , где  $t_{\text{ниокр}}$  – длительность НИОКР.

Формула (22) базируется на среднестатистических соотношениях в затратах на образец техники. Соотношения для реальных образцов могут значительно отличаться от усредненных, так и затраты на обеспечение МПр могут также отличаться от принятых в выражении (22).

Таблица 1

**Среднестатистические соотношения затрат на стадиях ЖЦ образцов техники РЭБ**

Стадия ЖЦ	Вид затрат	Стоимость*
НИР	Затраты на проведение НИР	0,1
ОКР	Затраты на проведение полномасштабной ОКР без обеспечения МПр	3,0
	Затраты на проведение ОКР по разработке новых технических условий (ТУ), рабочей конструкторской документации (РКД), эксплуатационной документации (ЭД)	0,7
	Затраты на обеспечение оптимального значения МПр	0,8
СП	Затраты на производство одного изделия	1,0
	Затраты на изделие с оптимальным значением МПр,	1,25
	Затраты на модернизацию одного изделия	0,3
Эксплуатация	Затраты на годовую эксплуатацию одного изделия,	0,1
	Удорожание эксплуатации при модернизации,	0,01
Капитальный ремонт	Затраты на капитальный ремонт одного изделия,	0,25
	Удорожание капитального ремонта одного изделия при модернизации	0,075

\*) в долях от стоимости СП

Анализ зависимости (22) подтверждает целесообразность модернизации в аспекте повышения эффективности ЖЦ и позволяет сделать следующие выводы:

- эффективность ЖЦ при обеспечении модернизационного задела повышается тем больше, чем больше модернизаций будет проведено на ЖЦ образца;
- обеспечение МПр особенно актуально для мелкосерийных образцов, какими являются, например, образцы техники РЭБ (при меньших  $n$  – выше  $\Delta\bar{C}$ );
- существует некоторое значение соотношения между затратами на модернизационный задел и числом модернизаций, при превышении которого модернизация не дает повышения эффективности ЖЦ.

Эффекты модернизации, рассмотренные в аспекте относительного повышения эффективности ЖЦ единичного образца, возможно, выглядят довольно скромно. Однако при оценках затрат в абсолютных показателях значимость эффекта реализации модернизационного задела очевидна.

Представленные результаты подразумевают, что меры по обеспечению МПр не ухудшают другие характеристики образца (надежность, ремонтпригодность, контролепригодность и т.д.). Зачастую повышение какой-либо характеристики может негативно сказываться на других показателях качества образца. Так, если меры по повышению МПр ухудшили надежность, то это повысит затраты на ремонты, и при большой серийности и длительности эксплуатации повышение этих затрат в целом может быть значительным настолько, что сделает обеспечение МПр экономически нецелесообразным. Это обуславливает актуальность исследований вопросов комплексной оптимизации качества вооружения, военной и специальной техники.

В целом разработанные экономико-математические модели и предложенная методика их реализации предлагаются для использования в условиях применения сквозного принципа планирования в цикле «наука — производство», когда в рамках **единого планового документа**, охватываются следующие наиболее важные этапы жизненного цикла продукции:

**разработка — подготовка производства — освоение новой продукции в производстве и наращивание объемов ее выпуска — снятие с производства устаревшей продукции и замена ее новой конкурентоспособной продукцией.**

Предложенная экономико-математическая модель замены морально устаревшей военной продукции и продукции двойного предназначения на более конкурентоспособную, а также методический подход по определению номенклатурного соотношения при её обновлении в целях серийного выпуска, относятся к проблеме выбора стратегии на соответствующем уровне руководства промышленного предприятия и компании.

Данная стратегия промышленным предприятием может быть реализована только в том случае, если в целом государственная промышленная политика инновационного развития России будет опираться на три определяющих фундаментальных положения:

1. Следует различать промышленное развитие в узкоэкономическом смысле слова и экономическое развитие как форму социально-экономического развития страны. Так, в Китае разрабатывается не социально-экономическая программа развития страны, а экономико-социальная, то есть возможности экономики определяют социальные условия жизни людей.

2. Следует различать факторный подход к развитию промышленного производства (четвёртый и часть пятого технологического уклада) и системный подход к экономическому развитию страны, базирующемуся на экономике знаний (конец пятого и шестой технологический уклад). Из этого следует, что

государственную промышленную политику необходимо всегда оценивать в контексте соответствия экономической системе развития страны.

3. Надо ясно понимать, что государственная промышленная политика всегда конкретна. Она должна учитывать не только специфику экономической системы развития, но и конкретные условия и этап технологического уклада (индустриального развития), на котором находится страна и её экономика в целом.

Инновационное развитие промышленных предприятий России, как и решение всех социально-экономических проблем страны, будет иметь перспективы через разработку и выпуск продукции с низким углеродным следом, то есть экологической продукции.

В целом, повышение производительности и, соответственно, конкурентоспособности национальной экономики является комплексной задачей, успех которой определяется развитием человеческого капитала (в первую очередь интеллектуального капитала), экономических институтов, реализацией и укреплением уже имеющихся конкурентных преимуществ России в энергосырьевых отраслях и транспортной инфраструктуре, а также связанных с диверсификацией экономики и формированием мощного научно-технологического комплекса. В этой связи приоритетное место в инновационном развитии страны отводится экономике знаний, призванной обеспечить расширенное воспроизводство интеллектуального капитала, генерацию знаний и новшеств, их хранение, преобразование в новые продукты, услуги и технологии.

**Pavel Kohno** (e-mail: pavelkohno@mail.ru)

Grand Ph.D. in Economics, Professor

Director of the Institute of Fuzzy Systems (Moscow, Russia)

**Alina Kohno** (e-mail: pavelkohno@mail.ru)

Ph.D. in Economics,

Head of Laboratory at the Institute of Fuzzy Systems (Moscow, Russia)

## MODELS OF THE PARAMETRIC RANGE OF COMPETITIVE PRODUCTS

In the article an economic and mathematical model is developed for creating a parametric range of competitive military products and dual-use products, since when determining its competitiveness, it is necessary to give it a quantitative assessment. It is proposed to classify new products into two groups, according to their purpose: the first group includes products designed to meet the new needs of society; the second group includes products intended to replace obsolete products. At the same time, the methodology for calculating the set of parameters (tactical and technical characteristics) of a new product is proposed for use in the context of applying the end-to-end

planning principle in the "science - production" cycle. The process of updating the range of competitive products, mass-produced for five years, is visually (graphically) represented. In addition, mathematical dependencies have been developed to optimize the cost of an updated sample at the stage of its development, that is, when technical and design capabilities are evaluated for subsequent modernization.

**Keywords:** industrial enterprise, competitive products, economic and mathematical model, product range, product parameters, planning principles, renewal interval, modernization suitability.

**DOI:** 10.31857/S020736760016142-5