

УДК 338.24

***ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НА
ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК С УЧЕТОМ ЗАДЕЙСТВОВАНИЯ
МОБИЛИЗАЦИОННЫХ МОЩНОСТЕЙ***

Батьковский А.М.,

д.э.н.

главный научный сотрудник

Центральный экономико-математический институт

Российской академии наук

Москва, Российская Федерация

Батьковский М.А.,

к.э.н.

научный сотрудник

Центральный экономико-математический институт

Российской академии наук

Москва, Российская Федерация

Аннотация. Обеспечение национальной безопасности России при проведении специальной военной операции потребовало резкого роста объемов производства продукции военного назначения и изменения ее номенклатуры. Данная задача решается путем выполнения диверсификационных мероприятий на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. В сложившихся условиях резко возросла значимость оптимизации управленческих решений, регламентирующих процесс диверсификации производства продукции на данных предприятиях. Важнейшую роль в решении указанной задачи играет экономико-математическое моделирование данного процесса. В статье представлен методический подход к развитию экономико-математического

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

инструментария управления диверсификацией производства продукции на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, реализующих проекты диверсификации производства продукции в настоящее время. Применение указанного инструментария на практике позволит повысить эффективность управления предприятиями в условиях диверсификации производства продукции и наращивания объема производимой продукции.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, управление, предприятия, оборонно-промышленный комплекс, диверсификация, продукция.

***ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF
DIVERSIFICATION OF PRODUCT REPRODUCTION AT DEFENSE
INDUSTRY ENTERPRISES, TAKING INTO ACCOUNT THE INVOLVEMENT
OF MOBILIZATION CAPACITIES***

Batkovsky A.M.,

Doctor of Economics

Central Economic and Mathematical Institute

of the Russian Academy of Sciences

Chief Scientific Officer

Russia, Moscow

Batkovsky M.A.,

Ph.D.

Central Economic and Mathematical Institute

of the Russian Academy of Science

research associate

Russia, Moscow

Annotation. Ensuring the national security of Russia during a special military operation required a sharp increase in the production of military products and
Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

changes in their nomenclature. This task is solved by carrying out diversification measures at the enterprises of the military-industrial complex. In the current conditions, the importance of optimizing management decisions regulating the process of diversification of production at these enterprises has sharply increased. The most important role in solving this problem is played by economic and mathematical modeling of this process. The article presents a methodological approach to the development of economic and mathematical tools for managing the diversification of production at enterprises of the military-industrial complex implementing projects for the diversification of production at the present time. The use of these tools in practice will improve the efficiency of enterprise management in terms of diversification of production and increasing the volume of products.

Keywords: economic and mathematical modeling, management, enterprises, military-industrial complex, diversification, products.

Введение

При разработке проектов и программ диверсификации производства на предприятиях ОПК необходимо учитывать следующие обстоятельства [1; 2; 3]:

- в современных условиях, несмотря на различия в конструктивной общности создаваемой военной и гражданской продукции, технологическая общность их производства высока. Процесс технического перевооружения предприятий ОПК приводит к росту доли автоматизированного оборудования, что увеличивает технологическую общность производства продукции военного и гражданского назначения по многим ее видам и снижает удельные затраты средств и времени на перевод производства продукции на создание ее новых образцов;

- предприятия ОПК, в силу своего специфического предназначения, должны иметь: а) мобилизационные мощности, которые отражают их максимальные производственные возможности по выпуску заданной номенклатуры продукции, достигнутые после окончания периода

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

развертывания производства и перехода на режим военного времени; б) мобилизационный резерв материальных ценностей - сырье, материалы, отдельные виды комплектующих изделий и полуфабрикатов, специальная технологическая оснастка и оборудование, техника, имущество и другие материальные ценности, накапливаемые в мирное время и предназначенные для обеспечения производства в военное время.

В условиях усиливающейся гибридной войны, развязанной странами коллективного Запада против России, в нашей стране на предприятиях ОПК должна проводиться экономическая мобилизация – комплекс мероприятий по их переводу на работу в условиях военного времени. По мере нарастания интенсивности военных действий на Украине данная мобилизация уже начала частично проводиться на предприятиях ОПК.

В 2022 году в соответствии с данными Стокгольмского международного института исследования проблем мира (SIPRI) военные доходы России достигли 86,4 млрд. долларов. По сравнению с 2021 годом они выросли примерно на 9,2% и достигли 4,1% ВВП (в 2021 году они составляли 3,7 % ВВП). При этом, чтобы понимать закономерность данного процесса, следует отметить, что в 2022 году военные расходы США составили 877 млрд. долларов [4]. В 2022 году перед предприятиями ОПК в связи с проведением специальной военной операции встала задача переориентации на максимально возможный выпуск продукции: «Важнейшая, ключевая задача предприятий оборонно-промышленного комплекса - обеспечить наши подразделения, боевые части всем необходимым вооружением, техникой, боеприпасами, снаряжением. Причем в требуемом объеме и нужного качества, в короткие сроки» [5]. В результате ее реализации: «количество закупаемых основных образцов вооружения возросло в 2,7 раза, а особо востребованных - в 7 раз по сравнению с началом 2022 года» [6].

Указанная задача решается в условиях диверсификации производства продукции на предприятиях ОПК. С целью повышения эффективности ее Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

решения необходимо оптимизировать процесс управления диверсификацией производства с учетом наличия у них мобилизационных мощностей и мобилизационных резервов материальных ценностей.

Методы и подходы

При разработке экономико-математических моделей сопоставление эффективности альтернативных стратегий развития предприятий целесообразно проводить по следующим основным критериям [7; 8; 9]:

- время выпуска заданного объема продукции;
- объем произведенной продукции за заданное время;
- суммарные затраты на производство требуемого объема продукции за заданный период.

Для обеспечения сопоставимости при сравнении разных вариантов диверсификации производства продукции на предприятиях ОПК целесообразно сравнивать суммарные затраты при заданном объеме выпуска диверсификационной продукции за заданный период [10].

В принципе, само по себе экономико-математическое моделирование альтернативных стратегий развития предприятий известно и широко применяется на практике давно [11; 12; 13]. Однако, резко изменившиеся условия развития предприятий ОПК, когда важнейшим его направлением стала диверсификация производства продукции, потребовали развития инструментария управления данным процессом с учетом его современной специфики. Близких по объекту исследования научных работ в экономической литературе очень мало. В силу закрытого характера информации, касающейся мобилизационной подготовки экономики, в открытых источниках немного публикаций, посвященных моделированию альтернативных стратегий диверсификации производства продукции на предприятиях ОПК с учетом использования их резервных мощностей.

Основными задачами, характерными для процесса принятия решений в условиях диверсификации производства на предприятиях ОПК, являются
Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

следующие [14]:

- оценка текущего состояния объекта управления (ситуации);
- анализ влияния внутренних и внешних факторов на объект управления (оборонно-промышленный комплекс в целом, интегрированные структуры ОПК, предприятия и экономические ситуации);
- генерация альтернативных вариантов управленческих решений, регламентирующих процесс диверсификации производства продукции;
- прогнозирование последствий принимаемых управленческих решений;
- выявление тенденций развития исследуемого объекта (процесса);
- выявление закономерностей развития объекта (процесса).

Для решения вышеперечисленных задач необходимо использовать самые разнообразные методы и алгоритмы: кластерный анализ, регрессионные модели, различные методы решения задач многокритериального выбора (методы теории полезности, нечеткой логики, анализа иерархий, векторной стратификации и др.). В настоящее время не выработана единая технология процесса принятия управленческих решений, регламентирующих диверсификацию производства продукции. В работах многих авторов по менеджменту и системному анализу содержатся различные общие рекомендации по формированию состава и последовательности действий в процессе принятия управленческих решений. На основе их анализа и обобщения могут быть выделены следующие типовые этапы процесса принятия управленческих решений, разрабатываемых в процессе диверсификации производства:

- 1) выявление экономической проблемы, связанной с управлением диверсификацией производства продукции на предприятии ОПК;
- 2) определение целей управленческих действий, регламентирующих процесс диверсификации производства;
- 3) выбор критериев оценки оптимальности управленческих решений;
- 4) формулирование ограничивающих условий при разработке

управляющих воздействий;

5) сбор и анализ информации, необходимой для принятия управленческих решений;

6) разработка постановки задачи управления диверсификацией управления производством продукции;

7) разработка математической модели задачи управления диверсификацией производства;

8) выбор метода решения управленческой задачи и разработка алгоритма ее решения;

9) оценка прогнозируемого эффекта от решения управленческой задачи;

10) выполнение управленческого решения и оценка его результатов.

Результаты исследования

Для экономико-математического моделирования диверсификации производства продукции на предприятии ОПК с учетом задействования его мобилизационных мощностей примем следующие условия и обозначения [15; 16; 17]:

$t = 1, 2, \dots$ - время с начала проведения диверсификации производства данного типа изделий на предприятии ОПК;

$\tau_{\text{нач}}$ - время, необходимое для начального этапа модернизации производства продукции на расконсервацию мобилизационных мощностей, а также на ввод в строй и перенастройку оборудования;

$(t - \tau_{\text{нач}})$ - время проведения диверсификации производства продукции на предприятии ОПК в момент $t > \tau_{\text{нач}}$;

η - средний фонд рабочего времени, человеко-часов на 1 занятого на предприятии за рассматриваемый период $t > \tau_{\text{нач}}$;

N - число занятых на данном производстве работников;

η - трудоемкость производства единицы продукции, человеко-часов /

единицу продукции на предприятии ОПК;

l_0 - удельные трудозатраты на очередную q -ую единицу продукции на начальном этапе диверсификации производства;

$L(t)$ - число человеко-часов, отработанных всеми работниками предприятия при существующих трудозатратах в рассматриваемый период $t > \tau_{\text{нач}}$;

λ - темп обучения работников предприятия ОПК в связи с проведением диверсификации производства продукции;

$l(q)$ - удельные трудозатраты с учетом их снижения в результате обучения работников в связи с проведением диверсификации производства продукции;

$DC(t)$ - прямые затраты данного производства к моменту $t > \tau_{\text{нач}}$;

$c_{\text{мат}}$ - удельные материальные затраты, денежных единиц / единицу продукции;

z - ставка оплаты труда, денежных единиц / человек за рассматриваемый период.

Тогда число человеко-часов, отработанных всеми работниками при существующих трудозатратах в рассматриваемый период $t > \tau_{\text{нач}}$ равно:

$$L(t) = N \cdot \eta \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \quad (1)$$

Суммарные трудозатраты (в человеко-часах) на выпуск Q единиц продукции можно определить, используя следующую зависимость:

$$L(Q) = \sum_{q=1}^Q l(q) \approx l_0 \cdot \frac{Q^a}{a} \quad (2)$$

где $a = 1 + \log_2(1 - \lambda) < 1$.

К моменту $t > \tau_{\text{нач}}$ может быть выпущено следующее количество изделий:

$$Q(t) = Q[L(t)] = \left[\frac{a}{l_0} \cdot L(t) \right]^{\frac{1}{a}} = \left[\frac{a}{l_0} \cdot N \cdot \eta \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \right]^{\frac{1}{a}}, \quad (3)$$

Материальные затраты, пропорциональные объему выпуска диверсификационной продукции, можно определить следующим образом:

$$C_{\text{мат}}(t) = c_{\text{мат}} \cdot Q(t) = c_{\text{мат}} \cdot \left[\frac{a}{l_0} \cdot N \cdot \eta \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \right]^{\frac{1}{a}} \quad (4)$$

Затраты на оплату труда, которые пропорциональны числу занятых работников, определяются следующим образом:

$$C_{\text{тр}}(t) = z \cdot N \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \quad (5)$$

Формула (5) приемлема в том случае, когда работники получают заработную плату лишь в период выпуска диверсификационной продукции. В противном случае:

$$C_{\text{тр}}(t) = z \cdot N \cdot t \quad (6)$$

Тогда прямые затраты равны:

$$DC(t) = C_{\text{мат}}(t) + C_{\text{тр}}(t) = c_{\text{мат}} \cdot \left[\frac{a}{l_0} \cdot N \cdot \eta \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \right]^{\frac{1}{a}} + z \cdot N \cdot (t - \tau_{\text{нач}}) \quad (7)$$

Условия применимости данного экономико-математического инструментария целесообразно определять также с помощью экономико-математического моделирования. Причем, модели должны допускать как конкретизацию до уровня отдельного производства и вида продукции, так и агрегирование на уровнях отдельного предприятия или интегрированной структуры, подотрасли или отрасли ОПК. В связи с этим требованием в модели должны использоваться только измеримые или поддающиеся, по крайней мере, экспертной оценке, показатели.

При этом управление рисками управления диверсификацией производства должно включать их идентификацию, разработку (выбор) методов количественной оценки, выбор инструментов предупреждения, исключения и защиты, а также оценку уровня риска и эффективности защитных

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

мер. Указанные риски можно разделить на три группы: макроэкономические (инфляция, процентные ставки, курсы валют и др.); политические; коммерческие. На разных этапах процесса управления диверсификацией производства продукции имеют место разные риски, поэтому методы их анализа и моделирования различаются.

Для определения стратегии диверсификации предположим, что: K – множество методов управления диверсификацией производства продукции; k_{opt} – оптимальный метод управления из числа K ; ψ – целевая функция выбора оптимального метода управления (она получается путем свёртки показателей его эффективности); KPI – результатные показатели. Тогда выбор оптимального метода управления, обеспечивающего наилучшие результатные показатели диверсификации производства продукции, в формализованном виде можно представить следующим образом [18; 19]:

$$k_{opt} = optimum \psi \left(s, \left\{ k_i, \left\{ \overline{KPI}_{ij}, w_j \right\} \right\} \right) \quad (8)$$

где s – стратегия развития предприятия ОПК в условиях диверсификации производства; k_i – доступный для внедрения метод управления ($k_i \in K$); \overline{KPI}_{ij} – нечёткое значение j -го результатного показателя i -го метода управления, w_i – весовой коэффициент для j -го результатного показателя.

Предположим, что в момент принятия управленческого решения предприятие ОПК придерживается некоторой стратегии своего развития $\tilde{s} = \{ \langle s, CF_s = 1 \rangle \}$, или одной из нескольких стратегий $S = s_1 \vee \dots \vee s_l$, $\tilde{S} = \{ \langle s_1, CF_{s_1} \rangle, \langle s_2, CF_{s_2} \rangle, \dots, \langle s_v, CF_{s_v} \rangle \}$, при этом, $\sum_{i=1}^v CF_{s_i} = 1$. В таком случае, адекватный выбор метода управления, соответствующего стратегическому курсу развития предприятия ОПК, должен проводиться типовым способом.

Динамичным стратегиям управления диверсификацией производства продукции должно соответствовать внедрение радикальных инноваций на основании использования сложных и затратных методов управления, а Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

медленным стратегиям – внедрение умеренных инноваций на основании простых и недорогих по затратам методов управления. Для выбора метода управления диверсификацией производства продукции необходимо воспользоваться продукционными правилами нечёткой логики [20]:

$$\text{Если } s = \tilde{s} = s_i, CF_{s_i} = 1, \text{ Тогда } k_{opt} = k_i; \quad (9)$$

$$\text{Если } s = \hat{s} = \{s_i, CF_{s_i}\}, \text{ Тогда } k_i \in \hat{K} \text{ и } \hat{K} = \{k_i, CF_{k_i}\} \quad (10)$$

По результатам анализа рисков диверсификации производства и методов управления данным процессом должна разрабатываться соответствующая динамическая модель. В качестве методологической основы для моделирования может служить объектно-ориентированный подход, в рамках которого изучаемые объекты представляются в достаточно общем декомпозиционном виде, а также структурный анализ сложных систем. В своем сочетании они являются достаточно эффективным инструментом для сценарного анализа и экономико-математического моделирования диверсификации производства продукции на предприятиях ОПК с учетом задействования мобилизационных мощностей.

Заключение

Полученные в результате проведенного исследования зависимости в самом общем виде представляют инструментарий определения объемов производства продукции в процессе диверсификации и прямых затрат, необходимых для ее создания, с учетом наличия у предприятий ОПК мобилизационных мощностей. Сравнение суммарных затрат на производство требуемого объема продукции в заданные сроки при реализации различных стратегий диверсификации производства продукции позволяет комплексно оценить их эффективность, а также выявить условия, в которых та или иная стратегия является наиболее предпочтительной с учетом риска ее реализации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, в рамках научного проекта № 21-78-20001.

Библиографический список:

1. Батьковский А.М. Разработка программы диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. / А.М. Батьковский, А.В. Фомина // Наука без границ. - 2020. - № 5 (45). - С. 151-157.
2. Бурдина А.А. Экономико-математическое моделирование жизненным циклом авиационной промышленности. / А.А. Бурдина, А.В. Бондаренко, А.Д. Давыдов // Социальные и экономические системы. - 2022. - № 6-6 (35). - С. 322-334.
3. Ратнер С.В. Анализ эффективности локализации в России производства оборудования для «зеленой» энергетики. / С.В. Ратнер, В.В. Клочков // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2015. - № 38. - С 2-14. [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <https://spravochnick.ru/>.
4. Как изменились военные расходы стран в 2022 году. Инфографика. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://www.rbc.ru/politics/24/04/2023/64468bee9a7947007ec1c952_ (дата обращения: 21.05. 2023).
5. Путин: ключевая задача ОПК — обеспечить боевые части всем необходимым. // Аргументы и факты. - Москва. 2022. 23 декабря. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: if.ru/politics/russia/putin_klyuchevaya_zadacha_opk_obespechit_boevye_chasti_vsem_neobhodimym?ysclid=1h8umbgwh6804856788 (дата обращения: 20.05. 2023).
6. Минобороны закупит больше вооружения по сравнению с 2022 годом. // РИА НОВОСТИ 02.05.2023. [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - URL: [1869129414.html?ysclid=1h94zkqa8d956936541_](https://ria.ru/news/1869129414.html?ysclid=1h94zkqa8d956936541_) (дата обращения: 22.05. 2023).
7. Иванов С.А. Экономико-математическое моделирование промышленного производства. / С.А. Иванов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. - 2018. - № 1. - С. 145-147.

8. Матвеев В.Ю. Экономико-математическое моделирование для принятия решения по модернизации технологии или реконструкции производства. / В.Ю. Матвеев, А.В. Щепетов // Оригинальные исследования. - 2020. - Т. 10. - № 4. - С. 136-141.

9. Халидова М.А., Якубов Т.В. Экономико-математическое моделирование как инструмент обоснования управленческих решений в хозяйственной практике. / М.А. Халидова., Т.В. Якубов // Kant. - 2020. - № 1. (34). - С. 106-111.

10. Батьковский А.М. Развитие методов управления на инновационно-активных предприятиях оборонно-промышленного комплекса в условиях диверсификации. / А.М. Батьковский, А.В. Фомина // Дневник науки. - 2019. - № 5 (29). - С. 77.

11. Мукимова Н.Р. Экономико-математическое моделирование инновационного развития. / Н.Р. Мукимова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2019. - № 4 (48). - С. 62-66.

12. Григорий Е.В. Экономико-математическое моделирование как метод оценки эффективности использования основных средств организации. / Е.В. Григорий // В сборнике: Научные труды студентов Ижевской ГСХА. - Ижевск, - 2020. - С. 1044-1050.

13. Кулясова А.С. Экономико-математическое моделирование как эффективный инструмент анализа экономических процессов в промышленности. / А.С. Кулясова, А.Р. Есина, В.Д. Свирчевский // Экономика промышленности. - 2019. - Т. 12. - № 3. - С. 316-322.

14. Батьковский А.М. Формирование мобилизационных мощностей предприятий оборонно-промышленного комплекса в условиях их диверсификации. / А.М. Батьковский, В.В. Клочков, А.В. Фомина // Национальная безопасность / nota bene. - 2021. - № 2. - С. 8-22. [Электронный ресурс]. Режим доступа.- URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=31771_(дата обращения: 18.05. 2023).

15. Влияние санкций стран запада на технологическое развитие наукоёмкой промышленности. 15.01.2015. Форум технологического лидерства России «Технодоктрина». // Новости ВПК. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://vpk.name/news/124739>. (дата обращения: 17.05. 2023).

16. Батьковский А.М. Управление развитием оборонно-промышленного комплекса: монография. / А.М. Батьковский, А.В. Фомина, М.А. Батьковский и др. / Под редакцией Батьковского А.М., Фоминой А.В. – М.: Тезаурус. - 2015. – 536 с.

17. Карпов А.Е. Прогнозирование эффективности сотрудничества стран БРИКС в сфере авиастроения (на примере проекта российско-китайского широкофюзеляжного самолета). / А.Е. Карпов, В.В. Клочков // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2016. - № 8. - С. 17-31.

18. Клочков В.В. Прогнозирование долгосрочных экономических последствий введения санкций против российской высокотехнологичной промышленности (на примере гражданского авиастроения). / В.В. Клочков, С.С. Критская // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2014. - № 41 (276). - С. 14-25.

19. Трофимец В.В. Управленческие решения в инновационной экономике и инструментальные средства их поддержки. / В.В. Трофимец // Вестник Ярославского государственного университета им. Демидова. - 2012. - № 2(20). - С. 2009-2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 17.05. 2023).

20. Новая наука: опыт, традиции, инновации: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно - практической конференции (24 января 2016 г., г. Омск). / В 2 ч. Ч.1 - Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. – 215 с.

Оригинальность 85%