

УДК 338.24

UDC 338.24

08.00.00 Экономические науки

Economic sciences

**ОЦЕНКА МОДЕРНИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА И  
ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-  
ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА\***

**EVALUATION OF THE MODERNIZATION OF  
THE PRODUCTION BUILDING AND  
TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF  
ENTERPRISES OF THE MILITARY-  
INDUSTRIAL COMPLEX**

Батьковский Александр Михайлович

Batkovskiy Aleksandr Mikhaylovich

д.э.н.,

Dr.Sci.Econ

SPIN-код: 9024-3229

SPIN-code: 9024-3229

Scopus ID: 56809408200

Scopus ID: 56809408200

*АО Центральный научно-исследовательский институт экономики, систем управления и информации «Электроника», Москва, Россия советник Генерального директора*  
[batkovskiy\\_a@instel.ru](mailto:batkovskiy_a@instel.ru)

*Joint Stock Company "Central Research Institute of Economy, Management and Information Systems "Electronics", Moscow, Russia adviser to General Director*  
[batkovskiy\\_a@instel.ru](mailto:batkovskiy_a@instel.ru)

Клочков Владислав Валерьевич

Klochkov Vladislav Valerievich

д.э.н.,

Dr.Sci.Econ,

SPIN-код: 8923-3087

SPIN-код: 8923-3087

Scopus ID: 14042038800

Scopus ID: 14042038800

*ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского» Москва, Россия, директор департамента*  
[vlad\\_klochkov@mail.ru](mailto:vlad_klochkov@mail.ru)

*The National Research Center "Zhukovsky Institute", Moscow, Russia, director of the department*  
[vlad\\_klochkov@mail.ru](mailto:vlad_klochkov@mail.ru)

Хрусталёв Евгений Юрьевич

Khrustalev Evgenii Yurevich

д.э.н., профессор

Dr.Sci.Econ, Professor

SPIN-код: 1618-1843

SPIN-код: 1618-1843

Scopus ID: 56809268200

Scopus ID: 56809268200

*Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия заведующий лабораторией,*  
[stalev@cemi.rssi.ru](mailto:stalev@cemi.rssi.ru)

*Central Economics and Mathematics Institute RAS, Moscow, Russia, head of laboratory*  
[stalev@cemi.rssi.ru](mailto:stalev@cemi.rssi.ru)

Рассмотрены важнейшие направления развития предприятий оборонно-промышленного комплекса: модернизация производственного потенциала и техническое перевооружение данных предприятий. Актуальность рассматриваемой проблемы в последние годы значительно выросла ввиду изменения условий военного строительства (экономические трудности, санкции и др.). Разработана экономико-математическая модель выбора между модернизацией производства и радикальным техническим перевооружением предприятий. Проведен анализ данной модели с учетом финансовых факторов при этом выборе. Использование разработанного экономико-математического аппарата на практике позволяет повысить эффективность технического развития предприятий оборонно-промышленного комплекса.

We have considered the most important direction of development of enterprises of the military-industrial complex: modernizing production capacity and technical re-equipment of these enterprises. The relevance of this issue in recent years has increased significantly due to changes in the terms of military development (economic hardship, sanctions, etc.). We have developed an economic-mathematical model of the choice between modernization and radical technical re-equipment of enterprises. The article has an analysis of this model taking into account the financial factors in this choice. The use of the developed economic-mathematical apparatus in practice allows increasing the efficiency of technological development of enterprises of the military-industrial complex

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-06-00028

Ключевые слова: ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС, ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ИНСТРУМЕНТАРИЙ, АНАЛИЗ

Keywords: ENTERPRISES, MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX, RE-EQUIPMENT, MODERNIZATION, PRODUCTION CAPACITY, TOOLS, ANALYSIS

Doi: 10.21515/1990-4665-134-115

## Введение

В последние годы по причине сокращения возможностей государственного бюджета РФ, усложнения международной политической и военной обстановки и т.п. наметилась тенденция изменения как продуктовой стратегии, так и стратегии технологического развития предприятий ключевых отраслей российского ОПК [1]. Вместо ранее запланированного освоения выпуска радикально новых изделий нового технологического уровня некоторые из них переориентируются на освоение (или, как декларируется, «возобновление», которое, в силу утраты компетенций по многим видам комплектующих изделий и технологических переделов, равносильно освоению) производства ранее выпускавшихся и успешно эксплуатируемых изделий, выпуск которых уже был прекращен; а также изделий, разработанных более 20 лет назад, нередко даже сертифицированных, но не получивших в свое время достаточного распространения и выпущенных в малом количестве.

В авиастроении, например, данная тенденция проявилась в производстве Ил-114 и Ил-96 [2]. С одной стороны, при этом – скорее, в силу безальтернативного характера таких решений – внедряются многие современные технологии, в том числе и пригодные в дальнейшем, при освоении производства новых поколений изделий, например, безбумажные технологии проектирования и технологической подготовки производства изделий (CALS-технологии, автоматизированное оборудование и др.). С другой стороны, срочность освоения производства конкретных образцов нередко диктует и необходимость применения старых технологий, узкоспециализированной или даже уникальной оснастки, и т.п., вместо

более универсального современного оборудования, и т.п. [3].

Фронтальное техническое перевооружение российской оборонной промышленности в дальнейшем позволило бы с минимальными потерями времени и средств освоить и производство нового поколения изделий (совокупности образцов вооружений и военной техники нового технологического уровня). Однако такое решение уже в ближайшее время потребует высоких капитальных затрат, что затруднительно и по причине бюджетных ограничений предприятий и государства, и по причине прямых ограничений (эмбарго) на поставку некоторых видов производственного оборудования, вводимых зарубежными государствами [4]. Следует учитывать, что техническое перевооружение предприятий российского ОПК в значительной степени осуществлялось за счет импорта технологий, производственного оборудования, программного обеспечения и т.п., ввиду деградации отечественного станкостроения [5]. Можно, напротив, ограничиться перевооружением лишь критических звеньев технологических цепочек, которые:

- либо, уже фактически утрачены (причем, необязательно с точки зрения утраты самих основных фондов – нередко более актуальна утрата кадрового потенциала и компетенций в производстве данного вида изделий или производственных услуг);

- либо, требуется обеспечить новый технологический уровень производства соответствующих компонент в рамках модернизации образцов вооружений и военной техники [6];

- либо, высоки прямые затраты производства по старой технологии, трудоемкость, стоимость содержания (включая альтернативные издержки использования производственных площадей), и т.п., и экономически становится выгоднее модернизировать это звено технологической цепочки.

Именно последний вариант наиболее интересен с точки зрения экономического анализа, поскольку в первых двух случаях решение о модернизации является безальтернативным [7; 8]. Решения, выигранные в

тактическом отношении, могут обернуться дополнительными затратами – денежными и временными – в более отдаленной перспективе, когда возникнет необходимость освоения производства изделий нового технологического уровня.

### **Экономико-математическая модель выбора между модернизацией производства и радикальным техническим перевооружением предприятий ОПК**

В принятии управленческих решений существенную роль играет и прогноз будущей структуры производства [9]. Так, например, если в настоящее время форсированными темпами осуществляется производство современных образцов продукции, то по насыщению Вооруженных сил России современными образцами вооружения и военной техники (ВиВТ) неизбежно существенное сокращение спроса на них со стороны отечественного основного заказчика. Это означает, что далее российским предприятиям ОПК во избежание спада производства, снижения занятости высококвалифицированного персонала (на подготовку которого в настоящее время тратятся значительные ресурсы) и загрузки современного высокопроизводительного оборудования, необходимо:

- освоить емкие внешние рынки ВиВТ, на которых сохранится устойчивый спрос на выпускаемые образцы на протяжении всего их жизненного цикла;

- обеспечить конверсию высокотехнологичного производства (с сохранением отраслевого профиля) с переориентацией его на выпуск продукции гражданского назначения.

В отношении российской оборонной промышленности последний вариант заложен и в основополагающие стратегические программные документы – например, Государственную программу развития авиастроения до 2025 г. [10]. При этом подчеркивается, что в мировой авиационной промышленности на гражданский сектор приходится около 75% объемов производства, и декларируется необходимость стремления к

данной пропорции. Описанные перспективы изменения продуктовой стратегии отрасли в долгосрочной перспективе также необходимо учитывать при формировании программ технического перевооружения предприятий ОПК, при выборе между узкоспециализированными и универсальными видами оборудования, и т.п.

При освоении («возобновлении») производства изделий предшествующего поколения для каждого звена технологической цепочки возникает следующая дилемма:

– создавать ли на основе новых технологий и наиболее современного оборудования универсальное производство, которое далее будет гибким образом перенастроено для выпуска уже изделий нового технологического уровня,

– либо, воспроизводить в критических точках производственных цепочек мощности устаревшего технологического уровня путем эволюционной модернизации, с сохранением основных производственных технологий и их характеристик [11].

С одной стороны, консервативное решение может сопровождаться более высокими прямыми издержками производства. С другой стороны, оно требует меньших капитальных вложений в текущий момент, вероятно, может быть реализовано быстрее, и т.п. В то же время, капитальные вложения все-таки потребуются в дальнейшем, при переходе к выпуску новых типов продукции. С формальной точки зрения, моделирование таких проблемных ситуаций схоже с моделированием принятия решений о модернизации производственных структур [12] и техники, с учетом остатка ресурса и различия прямых затрат и текущих затрат на содержание ОПФ [13;14].

Обозначим как  $V$  мощность создаваемого производства, единиц продукции (финальных изделий либо машинокомплектов – для комплектующих изделий) в год. Усредненную цену единицы продукции обозначим  $p$ , ден. ед./ед. Проектная мощность является предметом

принятия управленческих решений [15]. Наименее определенным параметром, в рамках предлагаемой модели, является продолжительность периода производства модернизированных изделий, выпуск которых решено восстановить, обозначаемая далее  $\Delta T$ , лет. Обозначим среднегодовой выпуск на протяжении рассматриваемого периода  $q$  ед./г. Он определяется фактическим спросом на соответствующие изделия, также относится к факторам риска, и не может превышать мощности:

$$q \leq V. \quad (1)$$

Тогда до окончания периода производства будет выпущено следующее количество изделий:

$$\Delta Q = q \cdot \Delta T. \quad (2)$$

Обозначим средние прямые издержки выпуска продукции на имеющемся оборудовании (если это физически возможно)  $c^{\text{стар}}$  ден. ед./ед., постоянные издержки его содержания (не включающие амортизацию или иную оценку стоимости приобретения, поскольку соответствующие затраты уже понесены в прошлом и не влияют на будущие решения) –  $FC^{\text{стар}}$  ден. ед. в год. Предположим, что старое оборудование обладает достаточной мощностью для реализации, описанной выше, программы выпуска изделий. Допустим, что имеется возможность внедрения принципиально новой технологии, которая обеспечивает средние прямые издержки  $c^{\text{нов}}$  ден. ед./ед. и удельные (на единицу мощности) постоянные издержки содержания оборудования на уровне  $fc^{\text{нов}}$  ден. ед. в год./ед. продукции в год. В то же время, она требует и капитальных затрат (ден. ед.) в размере:

$$I^{\text{нов}} = b^{\text{нов}} \cdot V \quad (3)$$

где  $b^{\text{нов}}$  – фондоемкость новой технологии.

Однако эти капитальные затраты не будут полностью самортизированы до окончания периода моделирования. Новое оборудование до исчерпания ресурса позволит выпустить  $Q^{\text{нов}} = V \cdot T^{\text{нов}}$

единиц продукции данного вида (учитывается, что ресурс оборудования в единицах продукции пропорционален мощности: например, один станок до выработки ресурса может выпустить 100 тыс. ед. продукции, а два аналогичных станка – очевидно, 200 тыс. ед., и т.д.). Таким образом, при выпуске  $\Delta Q$  единиц продукции будет исчерпана доля  $\frac{\Delta Q}{Q^{\text{нов}}}$  ресурса нового оборудования, и на соответствующий период правомерно отнести пропорциональную долю капитальных затрат. Следовательно, на протяжении периода длительностью  $\Delta T$  (по окончании которого внедрение нового станка безальтернативным) затраты составят:

– при использовании старого оборудования:

$$TC^{\text{стар}} = c^{\text{стар}} \cdot q \cdot \Delta T + FC^{\text{стар}} \cdot \Delta T; \quad (4)$$

– при использовании нового оборудования:

$$TC^{\text{нов}} = b^{\text{нов}} \cdot V \cdot \frac{q \cdot \Delta T}{V \cdot T^{\text{нов}}} + c^{\text{нов}} \cdot q \cdot \Delta T + fc^{\text{нов}} \cdot V \cdot \Delta T. \quad (5)$$

Таким образом, новая технология станет предпочтительнее по критерию минимума общих затрат при следующем условии:

$$\frac{b^{\text{нов}} \cdot V}{V \cdot T^{\text{нов}}} < (c^{\text{стар}} - c^{\text{нов}}) + \frac{(FC^{\text{стар}} - fc^{\text{нов}} \cdot V)}{q}. \quad (6)$$

Следовательно, инвестиции в создание новых производственных мощностей, приведенные к единице продукции, должны быть меньше, чем экономия прямых производственных затрат и текущих затрат на содержание мощностей – также приведенная к единице продукции.

Рассмотрим, наряду с продолжением эксплуатации имеющегося оборудования и приобретением совершенно нового, и третью альтернативу – модернизацию имеющегося оборудования. Введем для нее соответствующие параметры модели: средние прямые издержки  $c^{\text{мод}}$  ден. ед./ед., постоянные удельные (в расчете на единицу мощности) издержки содержания оборудования  $fc^{\text{мод}}$  ден. ед. в год/ед. продукции в год, объем

капитальных затрат в размере  $I^{\text{мод}} = b^{\text{мод}} \cdot V$  ден. ед., где  $b^{\text{мод}}$  – фондоемкость соответствующей технологии. Предположим, что модернизированное оборудование также может использоваться лишь до окончания периода производства изделий устаревшего технологического уровня, т.е.  $\Delta T$ . Тогда сумма общих затрат за период моделирования составит:

$$TC^{\text{мод}}(\Delta Q) = b^{\text{мод}} \cdot V + c^{\text{мод}} \cdot q \cdot \Delta T + fc^{\text{мод}} \cdot V \cdot \Delta T. \quad (7)$$

Модернизация будет выгоднее приобретения совершенно нового оборудования при следующем условии:

$$\frac{b^{\text{мод}} \cdot V}{q \cdot \Delta T} < \frac{b^{\text{нов}} \cdot V}{V \cdot T^{\text{нов}}} - (c^{\text{мод}} - c^{\text{нов}}) - \frac{(fc^{\text{мод}} - fc^{\text{нов}}) \cdot V}{q}. \quad (8)$$

Аналогично можно сравнить и другую пару альтернатив – продолжение эксплуатации старого оборудования, либо, его модернизацию. В общем случае, рационально действующее руководство предприятия выберет наименее затратную альтернативу из трех рассмотренных. Но наибольший интерес представляет собой выбор именно между модернизацией и приобретением полностью нового оборудования, т.е. сравнение радикального и консервативного вариантов технического перевооружения производства. Во многих реальных случаях его проведение, по тому или иному варианту, является безальтернативным, в силу невозможности продолжать выпуск продукции вообще без капитальных затрат и др. начальных вложений.

### **Качественный и параметрический анализ модели выбора между модернизацией производства и радикальным техническим перевооружением предприятий ОПК**

Проведем качественный анализ полученного условия предпочтительности модернизации (по сравнению с радикальным обновлением технологий и оборудования). Разности в скобках, вероятнее всего, положительны, поскольку модернизация, как правило, является

паллиативным решением, и модернизированное оборудование уступает совершенно новому оборудованию в экономичности. Таким образом, разность амортизации нового оборудования и экономии прямых затрат и текущих затрат на содержание оборудования (достигаемой при замене модернизированного оборудования на новое) должна быть выше, чем амортизация модернизированного оборудования, в расчете на единицу продукции.

Однако такое условие не будет выполняться при некоторых граничных значениях экономии прямых затрат и текущих затрат на содержание оборудования. Следовательно, новое оборудование и технологии могут настолько существенно превосходить старые в части прямых издержек и постоянных затрат на содержание, что выгоднее будет провести радикальное техническое перевооружение производства, несмотря на то, что модернизация дешевле.

Также можно заметить, что член, соответствующий инвестициям в модернизацию мощностей, а также член, соответствующий экономии текущих затрат на содержание оборудования, содержат отношение  $\frac{V}{q}$ , обратное коэффициенту загрузки мощностей «восстановленным» выпуском изделий старого технологического уровня. Последнее условие можно представить в следующем виде:

$$\frac{b^{\text{мод}}}{k \cdot \Delta T} < \frac{b^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} - (c^{\text{мод}} - c^{\text{нов}}) - \frac{(fc^{\text{мод}} - fc^{\text{нов}})}{k}, \quad (9)$$

где  $k = \frac{q}{V}$  – коэффициент загрузки рассматриваемого производства.

Следовательно, чем ниже коэффициент загрузки (иначе говоря, чем ниже фактический выпуск изделий старого технологического уровня) по сравнению с планируемым, в расчете на который определялась мощность «восстановленного» производства, тем меньше, при заданных технологических коэффициентах совершенно нового и

модернизированного производств, преимущество модернизации перед радикальным технологическим перевооружением производства. При некотором коэффициенте загрузки неравенство сменит знак, и радикальное обновление станет выгоднее, чем модернизация производства. Эта качественная особенность вызвана важным допущением данной модели, заключающимся в том, что при модернизации мощностей они могут использоваться ограниченное время, до окончания периода производства изделий старого технологического уровня. Поэтому при неполной загрузке мощностей инвестиции в модернизацию распределяются на малое количество изделий, что снижает эффективность данного варианта. Что касается радикального обновления производства, здесь считается, что новое оборудование и технологии будут использоваться существенно дольше, за пределами периода моделирования, поэтому их амортизация за этот период пропорциональна суммарному выпуску. При его сокращении, амортизация сократится пропорционально, и потерь не последует. Такое допущение вполне реалистично, и отражает преимущество новых технологий по сравнению со старыми, жизненный цикл которых уже завершается. Также из полученной модели следует, что эффективность модернизации, по сравнению с радикальным обновлением оборудования и технологий, сокращается по мере сокращения периода выпуска изделий старого технологического уровня  $\Delta T$ .

При проведении параметрического анализа выявленного соотношения следует учитывать реальную структуру себестоимости, характерную для современной высокотехнологичной промышленности, в том числе ОПК. С одной стороны, даже для современных высокоавтоматизированных и механизированных производств, как показывает зарубежная статистика, доля затрат на приобретение основных фондов в себестоимости и выручке сравнительно невелика – до 7-10%. Разумеется, это справедливо для предприятий, работающих с высокой загрузкой мощностей, по крайней мере, не менее 50-60%, чаще – 75-80% и

даже выше. В структуре себестоимости производства в высокотехнологичных отраслях промышленности преобладают прямые затраты – материальные и затраты на оплату труда. В то же время, в представленной упрощенной модели используется несколько иное разделение затрат – на переменные и условно-постоянные, к которым может относиться и значительная часть фонда оплаты труда, по следующей причине. В силу высокотехнологичного характера производств в большинстве отраслей ОПК, сильных эффектов обучения и забывания [16;17], резкое изменение численности квалифицированных работников в сторону увеличения невозможно, а в сторону уменьшения – нецелесообразно. Поэтому при относительно краткосрочных колебаниях выпуска сокращение высококвалифицированного персонала, как правило, не практикуется, во избежание значительных потерь в периоды восстановления спроса на продукцию и загрузки мощностей.

В связи с отмеченной особенностью высокотехнологичного производства, соответствующие составляющие фонда оплаты труда, наряду с материальными затратами на отопление, освещение и т.п. содержание зданий и сооружений, следует включать, в рамках предложенной здесь модели, в состав текущих постоянных издержек содержания мощностей  $fc$  (с соответствующими индексами для различных альтернатив). Примем следующие значения параметров модели. Долю прямых затрат в себестоимости продукции для модернизированного

производства примем равной  $\frac{c^{\text{мод}} \cdot Q}{TC(Q)} = 60\%$ ; долю текущих постоянных

затрат на содержание производственных мощностей при полной их

загрузке примем равной  $\frac{fc^{\text{мод}} \cdot Q}{TC(Q)} = 35\%$ ; долю затрат на приобретение

основных фондов (также при полной загрузке мощностей) примем равной

$\frac{b^{\text{мод}}}{\Delta T_0 \cdot TC(Q)} = 5\%$ . Здесь  $\Delta T_0$  – некоторый плановый срок выпуска изделий старого технологического уровня.

Пусть для нового оборудования удельные затраты на приобретение основных фондов выше вдвое. Тогда, даже при 100%-ой загрузке мощностей и полном использовании планового срока выпуска изделий старого технологического уровня, модернизация будет выгоднее кардинального обновления производства лишь при условии, что экономия прямых затрат и текущих затрат на содержание мощностей при внедрении новых технологий и оборудования не превысит 5% себестоимости производства на модернизированных мощностях. Таким образом, в рамках предложенной модели и используемых в ней предпосылок, радикальное обновление производства практически заведомо выгоднее эволюционной модернизации на основе технологий устаревшего технологического уровня.

Следовательно, реальные мотивы предпочтения эволюционной модернизации производства, по сравнению с полным техническим перевооружением, отличаются от предпосылок построенной и рассмотренной модели. Если новые технологии обеспечивают значимую экономию прямых затрат и текущих затрат на содержание мощностей, единственной возможностью, при которой модернизация все-таки предпочтительнее, является также короткий срок использования дорогостоящего современного оборудования, невозможность далее использовать его для выпуска изделий новых технологических уровней. Однако это маловероятно, поскольку именно современное производственное оборудование является более универсальным, гибким, может перенастраиваться на выпуск изделий разных типоразмеров и т.п. Либо, может иметь место необходимость осуществления дополнительных капитальных вложений для освоения выпуска изделий нового технологического уровня, несмотря на гибкость оборудования. Например,

при дальнейшем полном переходе к производству изделий нового технологического уровня может потребоваться строительство новых зданий и сооружений, удовлетворяющих новым требованиям, и перенос в них ранее приобретенного современного технологического оборудования.

Также причина, по которым предприятия будут вынуждены прибегнуть к модернизации вместо более эффективного обновления производства, может состоять в том, что последний вариант является практически недоступным, в силу бюджетных ограничений, дефицита заемных средств, а также прямых ограничений на поставку необходимого оборудования (прежде всего, импортного).

### **Учет финансовых факторов при выборе между радикальным техническим перевооружением и эволюционной модернизацией производства на предприятиях ОПК**

Менее радикальный вариант бюджетных ограничений может быть учтен следующим образом. При высоких ставках дисконтирования инвестиционный проект приобретения дорогостоящего современного оборудования, которое в несколько ближайших лет не будет использоваться с полной загрузкой, может оказаться убыточным, несмотря на то, что, в соответствии с предпосылками ранее построенной модели, ресурс данного оборудования за период моделирования практически не будет израсходован. Даже если физическая амортизация капитальных вложений в современное оборудование будет невелика, их «финансовая амортизация» при высоких ставках дисконтирования может быть существенной [18]. И при малой загрузке мощностей выпуском изделий предшествующего поколения может оказаться выгоднее остановиться на более дешевом и консервативном варианте модернизации производственных мощностей предприятий российской оборонной промышленности.

Модифицируем ранее предложенную экономико-математическую модель следующим образом. По сравнению с исходным вариантом, учтем

амортизацию нового оборудования за период  $\Delta T$ , безотносительно к фактическому объему выпуска продукции за этот период (и безотносительно к физическому износу нового оборудования, который, как отмечено выше, может быть сравнительно малым). Тогда условие предпочтительности эволюционной модернизации производства на основе старых технологий примет следующий вид:

$$\frac{\delta(\Delta T) \cdot b^{\text{нов}} - b^{\text{мод}}}{k \cdot \Delta T} > (c^{\text{мод}} - c^{\text{нов}}) + \frac{(fc^{\text{мод}} - fc^{\text{нов}})}{k}, \quad (10)$$

где  $\delta(\Delta T)$  – доля стоимости новых основных фондов, которая амортизируется за период  $\Delta T$ .

В данном случае  $\delta(\Delta T)$  определяется с учетом временной стоимости денег, дисконтирования будущих денежных потоков, а не исходя из физического износа нового оборудования за период выпуска изделий предыдущего технологического уровня (который, вероятно, будет относительно малым). Приблизительно можно оценить эту долю следующим образом:

$$\delta(\Delta T) = 1 - \frac{1}{(1+d)^{\Delta T}}, \quad (11)$$

где  $d$  – ставка дисконтирования, %/г.

При высоких ее значениях доля  $\delta(\Delta T)$  даже через несколько лет становится по порядку величины близкой к 1. На рисунке 1 приведены графики зависимости доли «финансовой амортизации» капитальных вложений от длительности периода амортизации  $\delta(\Delta T)$ , в данном случае – длительности периода выпуска изделий предыдущего поколения.

В любом случае, пришлось бы внедрять новые технологии и оборудование, для трех значений ставки дисконтирования:

– 5%, что характерно для низких темпов инфляции и низких рисков (такие ставки дисконтирования, скорее, справедливы для экономик наиболее развитых стран мира в стабильные периоды развития);

- 15%, что характерно для российской экономики в относительно стабильный период ее развития в начале двухтысячных годов;
- 25%, что может отражать высокие темпы инфляции и/или высокие процентные ставки на финансовых рынках [19], а также высокие риски, свойственные нынешнему этапу развития российской экономики [20-22].

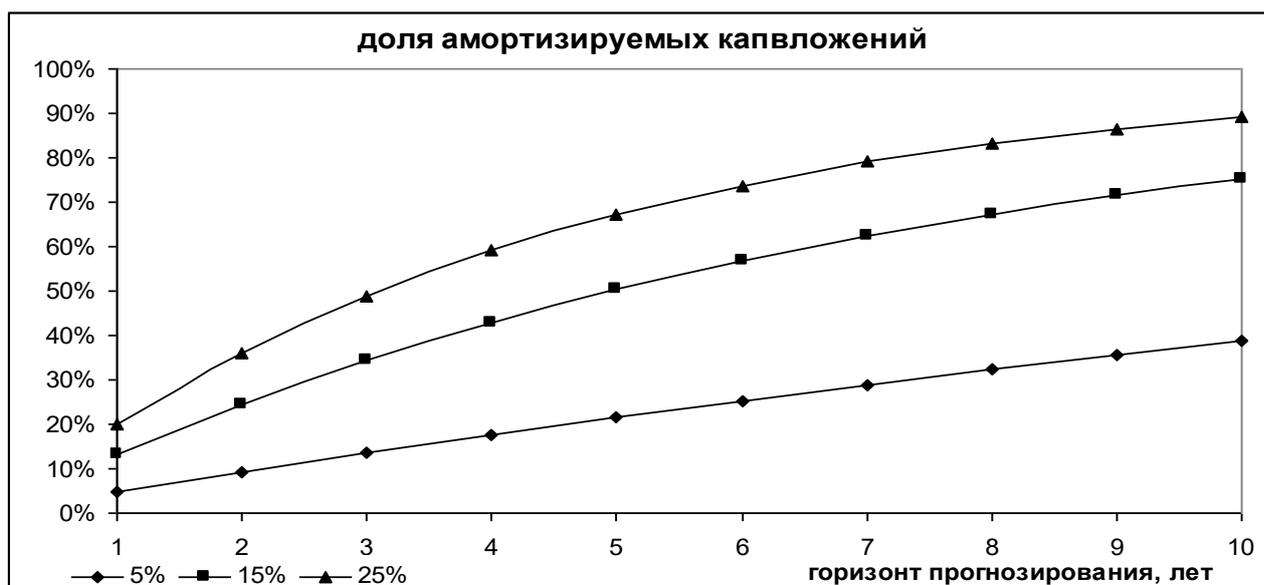


Рисунок 1. Зависимость доли «финансовой амортизации» капитальных вложений от длительности периода прогнозирования

Из графиков, представленных на рисунке 1 видно, что, например, через 5 лет (этот срок можно считать реалистичной длительностью «восстановленного» выпуска изделий предыдущего поколения) даже при ставке дисконтирования 15%, с финансовой точки зрения, «амортизируется» 50% стоимости нового оборудования, вне зависимости от его реального физического износа. Разумеется, более корректный учет финансовых факторов, «финансовой амортизации» нового оборудования требует иного, более сложного подхода к моделированию. В этом случае требуется дисконтирование всех денежных потоков – как инвестиций (в простейшем случае, залповых, т.е. одномоментных, в самом начале периода моделирования), так и всех операционных денежных потоков, уже

распределенных во времени. Именно в величинах этих денежных потоков и проявляется преимущество более современного оборудования и технологий – в сокращении прямых издержек производства и, возможно, текущих затрат на содержание оборудования. Однако для приближенных оценок, которыми целесообразно ограничиться в данном исследовании – еще и в силу наличия многих других упрощений, а также неопределенности ряда исходных данных – вполне достаточно приближенных оценок в рамках ранее рассмотренной и модифицированной модели. Как показывают оценки, сделанные на основе графиков на рисунке 1, «финансовая амортизация» нового оборудования за период моделирования вполне может составить половину его стоимости. Таким образом, для иллюстративных расчетов достаточно будет принять  $\delta(\Delta T) = 0,5$ .

Рассмотрим полученное ранее модифицированное условие предпочтительности эволюционной модернизации производства на основе старых технологий. Выражение в левой части в принципе может быть неотрицательным лишь при условии  $\delta(\Delta T) \cdot b^{\text{нов}} > b^{\text{мод}}$ . В противном случае, условие заведомо невыполнимо, какими бы малыми ни были величины экономии текущих операционных затрат, фигурирующие в правой части.

Как и ранее, примем  $\frac{c^{\text{мод}} \cdot Q}{TC(Q)} = 60\%$ ;  $\frac{fc^{\text{мод}} \cdot Q}{TC(Q)} = 35\%$ ;  $\frac{b^{\text{мод}}}{\Delta T_0 \cdot TC(Q)} = 5\%$ . Пусть  $\Delta T_0$  – плановый срок выпуска изделий старого технологического уровня – составляет 5 лет. Что касается нового оборудования, пусть его фондоемкость вдвое выше, т.е.  $\frac{b^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}} \cdot TC(Q)} = 10\%$ , при нормативном сроке службы  $T^{\text{нов}} = 25$  лет. Тогда  $\frac{b^{\text{нов}}}{\Delta T_0} = \frac{b^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} \cdot \frac{T^{\text{нов}}}{\Delta T_0}$

$= 50\% TC(Q)$ . В этом случае искомое неравенство выполнимо уже в широком диапазоне значений экономии текущих затрат. Выражение в левой части равно в данном примере  $20\% TC(Q) \cdot \frac{\Delta T_0}{k \cdot \Delta T}$ . Если новые

технологии и оборудование обеспечивают экономию текущих затрат, по сравнению со старыми, на 20% (что можно считать реалистичным выигрышем новых технологий по сравнению со старыми, на данном этапе технологического развития высокотехнологичных производств), тогда

$$\frac{c^{\text{нов}} \cdot Q}{TC(Q)} = 48\%; \quad \frac{fc^{\text{нов}} \cdot Q}{TC(Q)} = 28\%. \quad \text{Соответственно, условие}$$

предпочтительности эволюционной модернизации производства на основе старых технологий примет следующий вид:

$$20\%TC(Q) \cdot \frac{\Delta T_0}{k \cdot \Delta T} > 12\%TC(Q) + \frac{7\%TC(Q)}{k} \quad (12)$$

Ниже на рисунке 2 изображены графики зависимостей левой и правой частей от коэффициента загрузки оборудования для трех значений фактической длительности периода выпуска изделий предыдущего поколения:  $\Delta T = 3; 5; 10$  лет. Им соответствуют тонкие маркированные линии, отражающие изменение левой части неравенства (т.е. разницы амортизационных расходов новой и старой технологий). Жирная немаркированная линия отображает изменение правой части неравенства, т.е. экономии текущих затрат.

Анализ указанных графиков показывает, что в данном примере экономия текущих затрат заведомо ниже разницы амортизационных расходов технологий при всех возможных коэффициентах загрузки оборудования, вплоть до 100%, если фактическая длительность «восстановленного» выпуска изделий предыдущего поколения составляет 3-5 лет. Однако, если она достигнет 10 лет, то уже при 30%-ой загрузке мощностей радикальная модернизация производства станет более предпочтительной, по сравнению

с эволюционной. В целом, внедрение новых технологий и оборудования становится более предпочтительным, по сравнению с эволюционной модернизацией на основе технологий предыдущего поколения, если:

- выше экономия прямых затрат и затрат на содержание мощностей;
- выше коэффициент загрузки мощностей «восстановленным» выпуском изделий предыдущего поколения;
- выше фактическая длительность периода производства таких изделий.

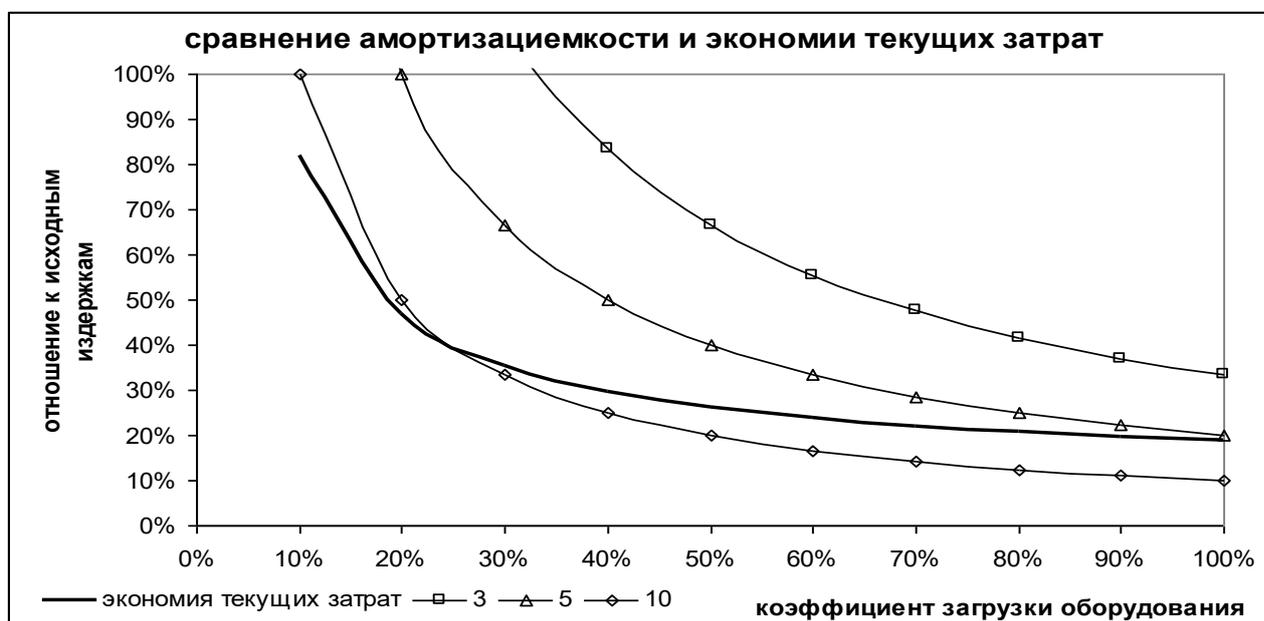


Рисунок 2. Зависимости разницы амортизационности и текущих затрат для радикальной и эволюционной модернизации производства от коэффициента загрузки мощностей (пример)

Две последние величины являются чрезвычайно неопределенными, это – основные факторы риска «восстановления» производства изделий предыдущего поколения [23]. Предложенный модельный инструментарий позволяет проводить оперативные сценарно-параметрические расчеты в широком диапазоне исходных данных, предоставляя лицам, принимающим решения, эффективные методы решения сложных оборонных проблем [24] и способы экономической защиты оборонно-

промышленного комплекса [25], информацию для обоснованного выбора вариантов технического перевооружения производства с учетом выпуска ранее разработанных изделий вооружений и военной техники.

### **Заключение**

В рамках наметившегося «возобновления» выпуска целого ряда изделий вооружений и военной техники устаревшего технологического уровня возникают проблемы выбора путей модернизации критических звеньев технологических цепочек. Можно ограничиться эволюционной модернизацией с сохранением основы устаревших технологий (тем более, если они без ограничений позволяют «возобновить» выпуск ранее разработанных или даже выпускавшихся изделий), либо, реализовать кардинальную модернизацию производства на основе наиболее новых технологий и оборудования. Последний вариант, возможно, требует более высоких капитальных вложений, но также обеспечивает более низкий уровень прямых производственных издержек и текущих затрат на содержание производственных мощностей.

Оценки с использованием структуры затрат, характерной для современной высокотехнологичной промышленности, в которой доля затрат на создание и развитие материально-технической базы предприятий, работающих с высокой загрузкой производственных мощностей, не превышает 7-10% полных затрат, показывают, что радикальная модернизация, обеспечивающая существенное сокращение текущих операционных издержек, практически заведомо выгоднее эволюционной модернизации с сохранением старых технологий, при условии, что современные производственные мощности даже при условии их низкой загрузки выпуском ранее разработанных изделий, могут без ограничений использоваться за пределами соответствующего периода. Однако, если учитывать высокие коэффициенты дисконтирования, характерные для текущей ситуации в мировой и национальной экономике,

тогда за период моделирования амортизируется значительная часть капитальных вложений и в развитие мощностей нового технологического уровня. Тогда при малой загрузке мощностей выпуском изделий, разработанных ранее, либо, при малой длительности периода их производства, внедрение новых технологий и оборудования может быть менее эффективным, чем эволюционная модернизация на основе технологий предыдущего поколения.

### Литература

1. Еремеев А.А. Концепция инновационного развития промышленности // Экономический журнал. 2011. № 22. С. 55–63.
2. Байбакова Е.Ю., Клочков В.В. Анализ проблем и рисков реструктуризации авиапромышленного комплекса России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 4 (193). С. 7-17.
3. Авдонин Б.Н., Батьковский А.М., Кравчук П.В. Теоретические основы и инструментарий управления развитием высокотехнологичных предприятий // Электронная промышленность. 2014. № 2. С. 112-121.
4. Батьковский А.М., Калачанов В.Д., Лифанова Е.И. Управление реализацией инновационных проектов в оборонно-промышленном комплексе // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 322-343.
5. Batkovskiy A.M., Batkovskiy M.A., Klochkov V.V., Semenova E.G., Fomina A.V. Optimization of High-Tech Products Export Program in Terms of Resource and Time Constraints. // Indian Journal of Science and Technology, India, 2016, Vol 9(27), July, P 392-404 DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i27/97712.
6. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Булава И.В. Анализ динамики и эффективности интеграции производства вооружений и военной техники // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 1. С. 2-11
7. Макаров Ю.Н. Системный анализ функционирования предприятия ОПК, выпускающего продукцию двойного назначения // Экономические науки. 2011. № 1 (74). С. 337-340.
8. Барановская Т.П., Симонян Р.Г., Вострокнутов А.Е. Теория систем и системный анализ (функционально-структурное моделирование). – Краснодар: КубГАУ, 2011. 230 с.
9. Батьковский М.А., Фомина А.В., Хрусталева Е.Ю., Хрусталева О.Е. Моделирование и логико-лингвистическое прогнозирование развития оборонно-промышленного комплекса // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 7. С. 205 – 223.
10. Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы». [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://old.minpromtorg.gov.ru/posit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP\\_RAP\\_20140109\\_v2.1.pdf](http://old.minpromtorg.gov.ru/posit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP_RAP_20140109_v2.1.pdf) (дата обращения: 23.07.17).
11. Асаул, А.Н., Карпов Б.М., Перевязкин В.Б. и др. Модернизация экономики на основе технологических инноваций. – СПб: АНО ИПЭВ. 2008. 606 с.
12. Барановская Т.П., Лойко В.И. Поточные модели эффективности интегрированных производственных структур // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2006. № 23. С. 121-132.
13. Клочков В.В. Модели рынков услуг и работ по модернизации авиатехники //

Технология машиностроения. 2008. № 7. С. 67-71.

14. Ключков В.В., Шкадова А.А., Ждановский А.В. Экономические аспекты морального устаревания авиатехники // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 65-70.

15. Стивенсон В. Дж. Управление производством. – М.: Бином. 2002. 928 с.

16. Benkard C.L. A Dynamic Analysis of the Market for Wide-bodied Commercial Aircraft // Review of Economic Studies, 2004, vol. 71, No. 3, Jun., pp. 581-611.

17. Wright T.P. Factors Affecting the Cost of Airplanes // Journal of Aeronautical Sciences, February 1936, vol. 3, pp. 122-128.

18. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. – М.: Дело, 2004. 888 с.

19. Хрусталёв О.Е. Финансовый анализ состояния наукоемких предприятий // Финансовая аналитика: проблемы и решения, 2011, № 32, с. 55 – 62.

20. Боков С.И., Подольский А.Г. К оценке риска неготовности научно-технической и производственно-технологической базы организаций оборонно-промышленного комплекса к выполнению программ и планов развития продукции военного назначения // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 27. С. 2-10.

21. Божко В.П., Батьковский М.А., Стяжкин А.Н. и др. Modeling technological relations in the structure of production (Моделирование технологических связей в структуре производства) // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 1. С. 36-39.

22. Хрусталев Е.Ю. Финансово-экономическая значимость и рисковость наукоемких инновационных проектов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2013. № 8. С. 2 – 11.

23. Ерыгина Л.В., Шаталова Н.Н. Систематизация факторов, оказывающих влияние на развитие предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2011. № 2. С. 202-207.

24. Викулов С.Ф., Хрусталев Е.Ю. Военно-экономический анализ современных оборонных проблем России // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 12. С. 2 – 9.

25. Батьковский А.М., Хрусталев Е.Ю., Хрусталев О.Е., Фомина А.В. Экономическая защита наукоемких отраслей оборонно-промышленного комплекса // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 5. С. 265 – 280.

### References

1. Yeremeyev A.A. Kontsepsiya innovatsionnogo razvitiya promyshlennosti // Ekonomicheskij zhurnal. 2011. № 22. S. 55–63.

2. Baibakova E.Yu., Klochkov V.V. Analiz problem i riskov restrukturizatsii aviapromyshlennogo kompleksa Rossii // Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost'. 2013. № 4 (193). S. 7-17.

3. Avdonin B.N., Batkovskiy A.M., Kravchuk P.V. Teoreticheskiye osnovy i instrumentariy upravleniya razvitiyem vysokotekhnologichnykh predpriyatiy // Elektronnyaya promyshlennost'. 2014. № 2. S. 112-121.

4. Batkovskiy A.M., Kalachanov V.D., Lifanova E.I. Upravleniye realizatsiyey innovatsionnykh proyektov v oboronno-promyshlennom komplekse // Radiopromyshlennost'. 2015. № 3. S. 322-343.

5. Batkovskiy A.M., Batkovskiy M.A., Klochkov V.V., Semenova E.G., Fomina A.V. Optimization of High-Tech Products Export Program in Terms of Resource and Time Constraints. // Indian Journal of Science and Technology, India, 2016, Vol 9(27), July, P 392-404 DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i27/97712.

6. Batkovskiy A.M., Batkovskiy M.A., Bulava I.V. Analiz dinamiki i effektivnosti integratsii proizvodstva vooruzheniy i voyennoy tekhniki // Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika. 2012. № 1. S. 2-11
7. Makarov Yu.N. Sistemnyy analiz funktsionirovaniya predpriyatiya OPK, vypuskayushchego produktsiyu dvoynogo naznacheniya // Ekonomicheskiye nauki. 2011. № 1 (74). S. 337-340.
8. Baranovskaya T.P., Simonyan R.G., Vostroknutov A.E. Teoriya sistem i sistemnii analiz (funkcionalno-strukturnoe modelirovanie). – Krasnodar: KubGAU, 2011. 230 s.
9. Bat'kovskiy M.A., Fomina A.V., Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E. Modelirovanie i logiko-lingvisticheskoe prognozirovanie razvitiya oboronno-promyshlennogo kompleksa // Voprosy radioelektroniki. 2015. № 7. S. 205 – 223.
10. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye aviatsionnoy promyshlennosti na 2013-2025 gody». [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: URL: [http://old.minpromtorg.gov.ru/reposit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP\\_RAP\\_20140109\\_v2.1.pdf](http://old.minpromtorg.gov.ru/reposit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP_RAP_20140109_v2.1.pdf) (data obrashcheniya: 23.07.17).
11. Asaul A.N., Karpov B.M., Perevyazkin V.B. i dr. Modernizatsiya ekonomiki na osnove tekhnologicheskikh innovatsiy. – SPb: ANO IPEV. 2008. 606 s.
12. Baranovskaya T.P., Lojko V.I. Potokovye modeli ehffektivnosti integrirovannykh proizvodstvennykh struktur // Politematicheskij setevoy ehlektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU. 2006. № 23. S. 121-132.
13. Klochkov V.V. Modeli rynkov uslug i rabot po modernizatsii aviatekhniki // Tekhnologiya mashinostroyeniya. 2008. № 7. S. 67-71.
14. Klochkov V.V., Shkadova A.A., Zhdanovskiy A.V. Ekonomicheskiye aspekty moral'nogo ustarevaniya aviatekhniki // Tekhnologiya mashinostroyeniya. 2008. № 11. C. 65-70.
15. Stivenson V. Dzh. Upravleniye proizvodstvom. – M.: Binom. 2002. 928 s.
16. Benkard C.L. A Dynamic Analysis of the Market for Wide-bodied Commercial Aircraft // Review of Economic Studies, 2004, vol. 71, No. 3, Jun., pp. 581-611.
17. Wright T.P. Factors Affecting the Cost of Airplanes // Journal of Aeronautical Sciences, February 1936, vol. 3, pp. 122-128.
18. Vilenskiy P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proyektov: teoriya i praktika. – M.: Delo, 2004. 888 s.
19. Khrustalev O.E. Finansovyy analiz sostoyaniya naukoemkikh predpriyatij // Finansovaya analitika: problemy i resheniya, 2011, № 32, s. 55 – 62.
20. Bokov S.I., Podol'skiy A.G. K otsenke riska negotovnosti nauchno-tekhnicheskoy i proizvodstvenno-tekhnologicheskoy bazy organizatsiy oboronno-promyshlennogo kompleksa k vypolneniyu programm i planov razvitiya produktsii voyennogo naznacheniya // Finansovaya analitika: problemy i resheniya. 2015. № 27. S. 2-10.
21. Bozhko V.P., Bat'kovskiy M.A., Styazhkin A.N. i dr. Modeling technological relations in the structure of production (Modelirovaniye tekhnologicheskikh svyazey v strukture proizvodstva) // Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2014. № 1. S. 36-39
22. Khrustalev E.Yu. Finansovo-ehkonomicheskaya znachimost' i riskovost' naukoemkikh innovacionnykh proektov // Finansovaya analitika: problemy i resheniya. 2013. № 8. S. 2 – 11.
23. Yerygina L.V., Shatalova N.N. Sistematzatsiya faktorov, okazyvayushchikh vliyaniye na razvitiye predpriyatij oboronno-promyshlennogo kompleksa // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva. 2011. № 2. S. 202-207.
24. Vikulov S.F., Khrustalev E.Yu. Voенно-ehkonomicheskij analiz sovremennykh oboronnykh problem Rossii // Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika. 2012. № 12. S. 2 – 9.

25. Bat'kovskij A.M., Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E., Fomina A.V. Ekonomicheskaya zashchita naukoemkih otraslej oboronno-promyshlennogo kompleksa // Voprosy radioelektroniki. 2015. № 5. S. 265 – 280.