

А.С. Гейда, З.Ф. Исмаилова, И.В. Клитный, И.В. Лысенко
**ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ И ОБМЕННЫХ
СВОЙСТВ СИСТЕМ**

Гейда А.С., Исмаилова З.Ф., Клитный И.В., Лысенко И.В. **Задачи исследования операционных и обменных свойств систем.**

Аннотация. В статье на примере задач, возникающих при исследовании свойств продукции военного назначения, выпускающейся на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, описаны задачи исследования операционных и обменных свойств сложных технических систем. Операционные свойства систем характеризуют результаты (эффекты) функционирования систем (к операционным свойствам, в частности, отнесены эффективность функционирования системы для достижения заданной цели, потенциал системы), а обменные свойства характеризуют обмен результатами функционирования (к таким свойствам отнесены конкурентоспособность изделия, конкурентоспособность предприятия). Показано, что обменные свойства систем целесообразно изучать, используя концепцию и методологию оценивания операционных свойств систем. Введены показатели оценивания операционных свойств и на их основе введены показатели обменных свойств систем, допускающие свое прогнозное оценивание на математических моделях, что дает возможность решать спектр актуальных задач исследования операционных и обменных свойств систем. На примере одной из решаемого класса задач выполнена постановка задач исследования операционных и обменных свойств систем.

Ключевые слова: операционные свойства, обменные свойства, потенциал системы, эффективность, эффекты, оценивание, цели, целеполагание, планирование, свойства, анализ и синтез, показатели, методы, методика, автоматизация, модель, автоматизированное моделирование, модель задачи, информационные технологии, требования.

Geida A.S., Ismailova Z.F., Klitnyy I.V., Lysenko I.V. **Operational and exchange properties of systems research problems.**

Abstract. In article, on the example of the tasks arising at research of products properties, created at the enterprises of a military-industrial complex, problems of operational and exchange properties of complex technical systems research are investigated. Operational properties of systems characterize results (effects) of activity with use of systems (operational properties, in particular, are efficiency of system functioning for achievement of the given objective, system potential, system capabilities). Exchange properties characterize properties of exchange of results of activity (exchange properties, in particular, are competitiveness of a product, competitiveness of the enterprise). As shown, it is expedient to study exchange properties of systems using the concept and methodology of estimation of operational properties of systems. Indicators for operational properties estimation proposed and on their basis indicators for exchange properties of the systems suggested. Indicators suggested in such a way that their estimation suppose usage of mathematical models. This gives the chance to solve a range of research problems of operational and exchange properties of systems. On the example of one research problem statement of research problems of operational and exchange properties of systems provided.

Keywords: operational properties, exchange properties, system potential, system capabilities, efficiency, effects, estimation, planning, properties, the analysis and synthesis, indicators, methods, automation, model, automated modeling, research problem model, requirements.

1. Введение. Практика свидетельствует [4, 6-11, 13-18], что имеется спектр нерешенных задач, в которых важно научно обоснованно, с опорой на математические модели и методы прогнозирования, исследовать операционные и обменные свойства изделий и предпри-

ятий ОПК в зависимости от характеристик планируемых действий с изделиями и предприятиями. К обменным свойствам относятся, в частности, конкурентоспособность (предприятий, продукции). Так, например, при планировании модернизации предприятий возникает необходимость спланировать модернизационные мероприятия так, чтобы обеспечить наилучшую конкурентоспособность предприятия и выпускаемых изделий, затратив ресурсы и время не более выделенных [4]. Оценивание обменных свойств (и конкурентоспособности в указанной практической задаче) целесообразно выполнить, связав показатели обменных свойств систем с тем, какие результаты при функционировании дадут обмениваемые объекты, поскольку цель обмена состоит в последующем получении необходимых результатов функционирования, то есть, в улучшении операционных свойств систем после обмена. В настоящее время разработаны [5-7, 9] основы методологии исследования операционных свойств систем.

Полученные результаты позволяют:

1. Вскрыть зависимость между результатами (эффектами) функционирования систем и предпринимаемыми людьми действиями, как рекуррентную числовую зависимость.

2. Вскрыть зависимость между действиями в среде, актуализируемыми целями субъектов, использующих систему и требованиями использующих систему людей к эффектам в разное время и в разных условиях.

3. Определить показатели операционных свойств, определенные как меры соответствия прогнозируемых (в результате планируемых действий с системой) эффектов и требований к ним (со стороны среды).

4. Спрогнозировать значения характеристик операционных свойств в зависимости от предпринимаемых действий, что позволяет решать задачи прогнозирования и планирования по показателям указанных свойств.

В отличие от имеющихся аналогов, например, методологий исследования систем П.Чекланда, Г.Щедровицкого, системной инженерии [1, 25, 28] разработанная методология исследования во многих случаях позволяет не только описать особенности деятельности, но и позволяет сделать такое описание аналитически, с использованием формальных числовых моделей и рассчитываемых с их помощью показателей операционных свойств. Это, в частности, позволяет научно обоснованно, на основе математических моделей взаимодействий, спрогнозировать будущие результаты деятельности с системой, будущие требования к ним и их соответствие друг другу численно, и за

счет этого – решать задачи исследования деятельности с системой на основе решения формальных математических задач, в том числе, с использованием информационных технологий. Аналитическое прогнозирование результатов деятельности и их соответствия прогнозируемым требованиям к этим результатам позволяет перейти к оцениванию базовых обменных свойств при использовании систем на основе использования прагматических принципов экономики по Л. Мизесу [4], но с опорой не на эвристики, а на математические модели. Поэтому целесообразно связать показатели операционных свойств, таких, как эффективность (производства, эксплуатации), приспособленность к функционированию в условиях изменений целей (конверсивность), потенциал (продукции, предприятия), риск и показатели обменных свойств систем, что и должно позволить на практике решать спектр актуальных задач, связанных с планированием и прогнозированием по показателям обменных свойств.

В настоящее время возможности такого, научно обоснованного, с использованием числовых прогнозных математических моделей и методов, современных информационных технологий, решения задач совершенствования операционных и обменных свойств ограничены, поскольку для оценивания обменных свойств используются, как правило, статистические, эконометрические, экспертные методы оценивания, имитационное моделирование. Такие методы могут не позволить вскрывать механизм получения результатов, поскольку оценивают результаты непосредственным измерением, апостериори, а не на основе прогнозного исследования того, как и за счет чего эти результаты получают при реализации элементарных действий. В результате, указанные методы не позволяют с достаточной степенью обоснованности предсказать, пользуясь имеющимися данными об элементарных действиях то, какие результаты будут получены в будущем. Не позволяют они в должной мере вскрыть и механизмы порождения комплексных результатов из результатов действий, поскольку, как правило, этот механизм остается не раскрытым. Такими, требуемыми особенностями, обладают модели, построенные для оценивания операционных свойств систем и процессов их функционирования [2, 6, 20].

2. Концепция исследования операционных и обменных свойств систем. Особенности [4] обмена такими изделиями, как продукция военного назначения (ПВН), позволяют сделать вывод о том, что обменные свойства, изучаемые при решении практических задач, связанных с обменом ПВН целесообразно изучать, опираясь не на традиционные экономические представления об обмене на рынке, обладающем большой емкостью, стационарном, с известными правилами

доступа к рынку, рынку, где взаимодействуют многие субъекты с различными целями, а на представления о нестационарных, динамических обменных связях между незначительным числом сложных технических систем [11] (СТС), целенаправленно функционирующих для реализации обмена.

Под *сложной технической системой* будем понимать, как это принято в теории СТС [6], совокупность элементов и связей между ними, функционирующую для достижения заданной цели. Сложные технические системы обмениваются со средой при функционировании.

Целенаправленность обмена проявляется в том, что участники обмена стремятся, за счет обмена, достигать цели, стоящие перед ними, лучшим образом – то есть, достигать свои цели, которые не могли быть достигнуты ранее или достигать достигавшиеся ранее цели лучше (с меньшими затратами, быстрее, с меньшей рискованностью), то есть – с лучшими операционными свойствами. В связи с этим возникает необходимость разработки методологических основ решения задач *исследования обменных свойств на основе изучения операционных свойств* систем и процессов их функционирования. Для этого вскроем особенности указанных свойств пользуясь понятиями (концептами) связи, соответствия, приспособленности, обменная связь и затем и их концептуальными моделями в виде (рекуррентных) отношений [4]. За счет использования этих концептов и концептуальных моделей становится возможным использовать для оценивания обменных свойств понятий об операционных свойствах систем, исследуемых, в частности, в теории систем, теории потенциала и теории эффективности целенаправленных процессов [2, 6, 9, 17]. В процессе функционирования предприятия вступают в целенаправленно реализуемые отношения с другими действующими субъектами (далее – отношения). Если отношения с какими-либо из таких субъектов могут быть реализованы при функционировании, то такие субъекты называют (потенциальными) *участниками обмена*. Покупатели, изготовители изделий, поставщики ресурсов, комплектующих, инвесторы, персонал – примеры участников обмена. Эти участники реализуют комплекс обменных связей, описываемый с использованием отношений (например, в виде помеченных схем), называемый комплексом *отношений обмена*. Отношение обмена – комплексное отношение, может включать более двух сторон – элементов, может включать несколько отношений, быть рекуррентным и может быть альтернативным, образовывать несколько альтернативных отношений [4].

В связи с реализацией этого отношения на практике возникают *задачи исследования обменных свойств* СТС – свойств СТС, возник-

кающих при реализации комплекса обменных связей. Обменные связи возникают на границах СТС, участвующих в обменных связях – на границе СТС покупателя, изготовителя, изделий. *Операционные свойства* СТС – свойства, характеризующие результаты деятельности с ними [1]. Операционные свойства так же, как и обменные свойства, проявляются на границе СТС и среды. При этом, изменение операционных свойств СТС и есть то, ради чего обмен с СТС реализуется – для изменения результатов будущей деятельности с СТС, участвующими в обмене. По величине изменения показателей операционных свойств и следует судить о результативности обмена, поскольку такое изменение и есть целевой результат обмена. Изменение операционных свойств требует ресурсов и времени сначала для обмена, а затем, возможно, для конверсии СТС для достижения новой цели после реализации обмена (приспособления СТС для использования обмениваемого объекта к достижению целей). Характеристики показателей операционных свойств СТС, получаемые в результате обмена и затрачиваемые на такой обмен ресурсы и должны служить *основой для определения показателей обменных свойств СТС*. При этом, операционные свойства СТС *изучаются конструктивно*, то есть – на основе построения математических моделей [1-4, 6], позволяющих вскрывать зависимость проявлений операционных свойств СТС (описываемых показателями этих свойств) от изменений характеристик связей элементов внутри СТС и между элементами СТС и ее средой.

Для *конструктивного определения показателей обменных свойств* СТС на основе их операционных свойств необходимо определить концепты и принципы, использующиеся в задачах исследования обменных свойств СТС (таких, как конкурентоспособность) и их связи с концептами, используемыми при исследовании операционных свойств СТС (таких, как потенциал СТС, эффективность функционирования СТС), а также связи с концептами и принципами, использующимися при решении (математических) задач анализа и синтеза СТС и процессов их функционирования по показателям обменных и операционных свойств. Эти концепты, принципы и связи были подробно описаны в [4]. Рассмотрим основные из них.

Цель (функционирования СТС) – желаемое состояние в будущем, характеристики желаемого результата действия. При исследовании обмена с СТС необходимо учитывать *изменчивость целей*. При изменении целей функционирования СТС, в том числе, в результате обмена с СТС, участники обмена реализуют свою конверсию из старого (начального для достижения цели) состояния, в новое состояние, которое должно быть лучше приспособлено к достижению новых це-

лей. Такой переход назовем конверсией СТС. От латинского *conversio* [4] — в значении перевод промышленных предприятий с производства одной продукции на производство качественно новой продукции. Отсюда: конверсивность — приспособленность к конверсии.

Конкуренция при обмене с СТС – соперничество альтернативных поставщиков и потребителей за реализацию более совершенных (в операционном смысле) отношений обмена.

Конкурентная связь – связь между СТС – объектами конкуренции и их альтернативами по поводу использования той или иной СТС другой СТС (выгодоприобретателем). Борьба за реализацию конкурентной связи носит характер конкурентного соревнования. Выгодоприобретатель стремится осуществить отношения обмена с выгодой, то есть так, чтобы улучшить будущие результаты своей деятельности. Выигрыш проявляется в операционном виде, как результаты будущей деятельности, которые не могли бы быть получены без обмена. *Отношением конкуренции* будем называть расширенное отношение [6, 5] между объектами конкуренции (приобретателями, покупателями, поставщиками, изделиями, предприятиями) в том случае, когда имеется несколько альтернативных предложений.

Конкурентоспособность (объекта исследований) – свойство объекта исследований, характеризующее его приспособленность к достижению целей в условиях наличия конкурентных отношений с этим объектом, по отношению к другим альтернативам обмена.

Эффективность обмена – свойство обмена, характеризующее приспособленность обмена давать требуемый результат. Например, приспособленность обмена к переводу объекта обмена в состав СТС с заданными результатами обмена за требуемое время и с заданными затратами ресурсов других видов. *Эффективность функционирования СТС* в результате обмена – приспособленность СТС достигать заданную новую цель в результате обмена, конверсии и последующего использования объекта обмена в процессе функционирования.

Конверсивность СТС и эффективность [2, 18, 20] функционирования СТС для достижения каждой из (возможных) целей в своей совокупности и позволяют судить о том, приспособлена ли СТС к тому, чтобы с ее помощью достигать (возможные) цели.

Это свойство – *потенциал системы*, свойство, характеризующее приспособленность системы к достижению целей при функционировании [11]. Операционное свойство объекта исследования – свойство, характеризующее результаты деятельности, получаемые при использовании объекта исследований. Эффективность функционирования

СТС – комплексное операционное свойство функционирования СТС.
Потенциал СТС – комплексное операционное свойство СТС.

Для оценивания обменных свойств систем на основе их операционных свойств используются два основных принципа исследований – *принцип рациональности* и *принцип оценивания предпочтительности*. Как следует из их описания в [4], о предпочтительности обмена с СТС следует судить по дополнительной (по отношению к сравниваемой второй альтернативе) возможности достижения цели СТС, то есть по приращению показателя эффективности функционирования СТС. Она, в свою очередь, определяется дополнительным потенциалом СТС, полученным в результате обмена (по результативности обмена), по оперативности и ресурсоемкости этого обмена. Предполагается, что участники обмена выбирают ту альтернативу обмена, что дает лучшую эффективность обмена. Соответственно, на основе эффективности обмена становится возможным определить предпочтительность обмена. Такое понимание предпочтительности обмена согласуется с экономическими представлениями об обмене в праксеологии: «Менее желательное состояние (деятельности) обменивается на более желательное» [4].

Предпочтительность обмена между двумя альтернативами обмена с СТС – свойство обмена, характеризующее эффективность обмена с СТС при использовании одной альтернативы по отношению к эффективности обмена СТС при использовании другой альтернативы. Она характеризует бинарное отношение между альтернативами.

Показатели предпочтительности обмена между несколькими альтернативами позволяют определить показатель конкурентоспособности обмена с СТС, как показатель, характеризующий множество возможных отношений обмена между разными альтернативами и задаются на множестве возможных предпочтительностей обмена между парой альтернатив. Характеристики свойств, связанных с исследованием обмена при функционировании систем (конкурентоспособность, предпочтительность, эффективность обмена и т.п.) будем называть *характеристиками обменных свойств систем*.

В примере [4] были рассмотрены обменные свойства СТС – изделий ПВН, выпускаемых СТС – предприятиями. Эти предприятия, в свою очередь, вступают в отношения обмена не только с потребителями ПВН, но и с инвесторами, поставщиками ресурсов и полуфабрикатов для предприятий, поставщиками персонала. Свойства, связанные с исследованием функционирования предприятий – субъектов обмена ПВН (конкурентоспособность предприятий, предпочтительность предприятий для инвестирования, поставки ресурсов и полуфабрика-

тов, предпочтительность для персонала, эффективность обмена для инвесторов, поставщиков, персонала, потенциал обмена предприятий) будем называть обменными свойствами предприятий (выпускающих ПВН). Соответственно, решаемые при исследовании этих свойств предприятий ОПК задачи – пример задач исследования обменных свойств СТС, задачи исследования обменных свойств предприятий.

3. Показатели оценивания операционных и обменных свойств. Обозначим: $G_j - j$ -я цель использования заданной СТС из заданного множества G возможных целей использования этой системы; $\tilde{A}_{j,s}$ – событие, состоящее в прекращении достижения цели $G_s \in G$ и актуализации цели $G_j \in G$; \sim – символ случайности (события, величины, отношения);

$p_{j,s} \stackrel{\Delta}{=} Poss(\tilde{A}_{j,s})$ – мера возможности актуализации $\tilde{A}_{j,s}$, где " $\stackrel{\Delta}{=}$ " – символ «равенство по определению»; $\tilde{Y}'_{j,k}$ – величина (характеристика) прогнозируемого k -го результата функционирования СТС для достижения цели $G_j \in G$, $\tilde{Y}'_j \equiv \{\tilde{Y}'_{j,k}; k = \overline{1, K}\}$;

$\tilde{Y}''_{s,j,k}$ – величина (характеристика) прогнозируемого k -го результата конверсии СТС для перехода от достижения цели $G_s \in G$ к достижению цели $G_j \in G$, $\tilde{Y}''_j \equiv \{\tilde{Y}''_{j,k}; k = \overline{1, K}\}$;

$\tilde{Y}^{\circ}_{s,j,k}$ – величина (характеристика) требуемого (директивного) k -го результата функционирования СТС для достижения цели $G_j \in G$, $\tilde{Y}^{\circ}_j \equiv \{\tilde{Y}^{\circ}_{j,k}; k = \overline{1, K}\}$ с учетом требований конверсии;

$\tilde{Y}_{s,j,k} = f(\tilde{Y}'_{j,k}, \tilde{Y}''_{s,j,k})$ – величина (характеристика) k -го результата конверсии для перехода от достижения цели $G_s \in G$ к достижению цели $G_j \in G$ и последующего функционирования СТС, например, $\tilde{Y}_{s,j,k} = \tilde{Y}'_{j,k} + \tilde{Y}''_{s,j,k}$, если одноименные эффекты конверсии и (целевого) функционирования аддитивны;

$\tilde{R}_{s,j,k}(\tilde{Y}_{s,j,k}, \tilde{Y}^{\circ}_{s,j,k}) \equiv \{(\tilde{Y}_{s,j,k,z}, \tilde{Y}^{\circ}_{s,j,k,z}), z = \overline{1, Z}; \mu_{\tilde{R}_{s,j,k}}(Y_{s,j,k}, Y^{\circ}_{s,j,k})\}$ – случайное отношение между k -м результатом конверсии и последующего функционирования и требованиями к нему, то есть – множество $k.z$ – х пар величин (характеристик) прогнозируемых и требуемых результатов функционирования, таких, что они могут находиться в

требуемом отношении $\tilde{R}_{s,j,k}(\tilde{Y}_{s,j,k}, \tilde{Y}_{s,j,k}^o)$ друг с другом и мера $\mu_{\tilde{R}_{s,j,k}}(Y_{s,j,k}, Y_{s,j,k}^o)$ возможности случайного события, состоящего в том, что отношение $\tilde{R}_{s,j,k}(\tilde{Y}_{s,j,k}, \tilde{Y}_{s,j,k}^o)$ будет выполнено;

$$\tilde{R}_{s,j}(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^o) \equiv \bigcup_{k=1, \bar{K}} \tilde{R}_{s,j,k}(\tilde{Y}_{s,j,k}, \tilde{Y}_{s,j,k}^o) - \text{комплексное случайное } k -$$

мерное отношение между результатами конверсии для перехода от достижения цели $G_s \in G$ к $G_j \in G$ и последующего функционирования для достижению цели $G_j \in G$ и требованиями к ним при условии актуализации цели $G_j \in G$ после $G_s \in G$;

$\tilde{A}_{\tilde{R}_{s,j}}(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^o)$ – случайное событие, состоящее в том, что случайное k – мерное отношение $\tilde{R}_{s,j}$ будет реализовано на множестве пар $(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^o)$ (каждая из которых принадлежит отношению с $\mu_{\tilde{R}_{s,j,k}}$);

$Poss(\tilde{A}_{\tilde{R}_{s,j}}(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^o))$ – показатель эффективности и конверсивности достижения цели G_j при условии ее актуализации в результате прекращения достижения цели $G_s \in G$; \tilde{Y} – вектор характеристик результатов конверсии и функционирования СТС; \tilde{Y}^o – вектор характеристик требований к результатам конверсии и функционирования СТС;

$$\tilde{R}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^o) \equiv \bigcup_{\substack{j, s \in 1, \bar{J}; \\ j \neq s}} \tilde{R}_{s,j}(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^o) - \text{случайное } s \cdot j - \text{ мерное отношение}$$

между результатами функционирования и требованиями к нему при всех возможных переходах от достижения цели $G_s \in G$ к достижению цели G_j ;

$\tilde{A}_{\tilde{R}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^o)}$ – случайное событие, состоящее в том, что случайное k – мерное отношение \tilde{R} будет реализовано на множестве пар (\tilde{Y}, \tilde{Y}^o) в условиях всех возможных переходов от достижения цели $G_s \in G$ к достижению цели G_j ;

$\Psi(\tilde{Y}, \tilde{Y}^o) \equiv Poss(\tilde{A}_{\tilde{R}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^o)}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^o))$ – общее выражение для показателя потенциала СТС в многомерном виде, мера возможности собы-

тия, состоящего в реализации требуемого отношения на всех возможных реализациях (случайного) отношения между эффектами.

Так, в частности, если цель одна, конверсия не реализуется, то мера возможности события, состоящего в реализации требуемого отношения на эффектах функционирования СТС для достижения заданной цели может быть записана, как:

$$P^{ou}(\tilde{Y}'(\pi), \tilde{Y}^{of}(G)) \equiv Poss(\tilde{R}'(\tilde{Y}'(\pi), \tilde{Y}^{of}(G))),$$

где $\tilde{Y}'(\pi)$ – вектор эффектов процесса функционирования СТС в соответствии с планом π функционирования для достижения заданной цели G функционирования;

$\tilde{Y}^{of}(G)$ – вектор требований к эффектам процесса функционирования СТС в соответствии с заданной целью G функционирования СТС;

\tilde{R}' – случайное отношение между $\tilde{Y}'(\pi)$ и $\tilde{Y}^{of}(G)$;

$P^{ou}(\tilde{Y}'(\pi), \tilde{Y}^{of}(G))$ – возможность случайного события, состоящего в том, что будет достигнута цель функционирования СТС ОПК.

Эта величина [18,20] используется в качестве показателя эффективности функционирования СТС для достижения заданной цели. Пусть, например, рассматривается случай, когда имеется 2 эффекта, оба они – числовые. Например, $\tilde{Y}'_1(\pi)$ – «целевой» результат, $\tilde{Y}'_2(\pi)$ – время $\tilde{Y}'(\pi) \equiv \langle \tilde{Y}'_1(\pi), \tilde{Y}'_2(\pi) \rangle$; Пусть требования к результатам заданы в виде детерминированных чисел $Y^{of}(G) \equiv \langle Y^{of}_1(G), Y^{of}_2(G) \rangle$.

Тогда, вероятность достижения цели может быть, например, представлена, как:

$$P^{ou}(\tilde{Y}'(\pi), \tilde{Y}^{of}(G)) = Poss((\tilde{Y}'_1(\pi) \geq Y^{of}_1(G)) \cap (\tilde{Y}'_2(\pi) \leq Y^{of}_2(G))).$$

Этот частный случай проиллюстрирован в виде попадания случайного вектора в заданную область (см. рисунок 1). С использованием аналогичных обозначений и типа общего выражения определим показатель эффективности обмена $E(O_e)$ объектом обмена O_e .

Обозначим: $\tilde{Y}^o(O_e)$ – вектор характеристик затрат ресурсов и времени на обмен объектом обмена O_e ; $\tilde{Y}^{o,o}(O_e)$ – вектор требований к характеристикам затрат ресурсов и времени на обмен объектами обмена O_e ; $\tilde{Y}(O_e)$ – вектор характеристик результатов конверсии и

функционирования СТС в результате обмена объектом обмена O_e ; $\tilde{Y}^o(O_e)$ – вектор характеристик требований к результатам конверсии и функционирования СТС в результате обмена объектом обмена O_e . Тогда: $E(O_e) \equiv Poss(\tilde{A}_{\tilde{R}}(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e)) \cap \tilde{A}_{\tilde{R}^o}(\tilde{Y}^o(O_e), \tilde{Y}^{o,o}(O_e)))$ – показатель эффективности обмена объектом обмена O_e .

В этом выражении $\tilde{A}_{1,e} \equiv \tilde{R}(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e))$ – событие, состоящее в том, что в результате обмена O_e будут получены такие (целевые) результаты, что конверсия СТС для использования O_e и последующее функционирование СТС с использованием O_e дадут требуемые результаты конверсии и использования во всех возможных случаях смены целей функционирования.

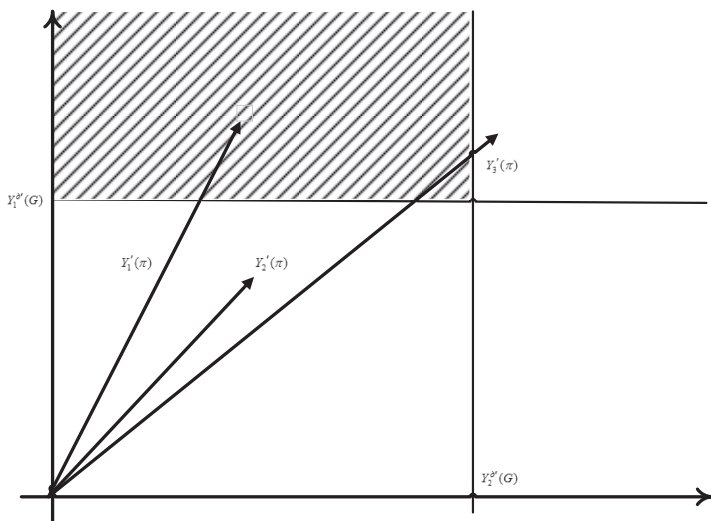


Рис. 1. Попадание случайного вектора $\tilde{Y}'(\pi)$ в заданную область

Это событие – сложное, может быть раскрыто через ряд других событий, в частности – событий, состоящих в актуализации целей и событий, состоящих в получении требуемых результатов при достижении актуализированных целей. Каждое из таких событий, в свою очередь, тоже может раскрываться через события, имеющие вид, в частности, достижения цели (например, в случае числовых результатов –

вид попадания вектора в заданную область) и вид событий – смен целей, т.е. событий, состоящих в прекращении достижения одной цели и перехода к достижению другой цели. При наступлении такого рода событий осуществляется конверсия, а затем реализуется функционирование по новому плану функционирования.

$\tilde{A}_{2,e} \equiv \tilde{A}_{R^o}(\tilde{Y}^o(O_e), \tilde{Y}^{o,d}(O_e))$ – событие, состоящее в том, что объект обмена O_e будет введен в состав СТС за время и ресурсы других видов, характеристики которых описываются вектором $\tilde{Y}^o(O_e)$ так, что не будут перерасходованы выделенные ресурсы и время, характеристики которых заданы вектором $\tilde{Y}^{o,d}(O_e)$. Возможность наступления события $\tilde{A}_{1,e} \equiv \tilde{A}_R(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e))$ целесообразно использовать в качестве показателя потенциала изделия.

$\varphi(O_e) \equiv Poss(\tilde{A}_R(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e)))$ называют функцией потенциала O_e [11].

$W^C(O_e) \equiv Poss(\tilde{A}_R^o(\tilde{Y}^o(O_e), \tilde{Y}^{o,d}(O_e)))$ – ресурсоемкость и оперативность обмена.

Соответственно, если $\tilde{A}_{1,e} \equiv \tilde{A}_R(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e))$ не зависит от $\tilde{A}_{2,e} \equiv \tilde{A}_{R^o}(\tilde{Y}^o(O_e), \tilde{Y}^{o,d}(O_e))$, то показатель эффективности обмена $E(O_e)$ может быть представлен, как $E(O_e) = \varphi(O_e) \cdot W^C(O_e)$.

Тем самым, нами получено выражение для показателя эффективности обмена в общей форме и для частного случая.

Пусть теперь имеется не один, а два объекта обмена – O_e, O_d .

Обозначим $\Delta E(O_e, O_d) \equiv Poss(\tilde{A}_e / \tilde{A}_d) - Poss(\tilde{A}_d)$, где:

\tilde{A}_d – событие, состоящее в том, что не наступит событие \tilde{A}_d , т.е., что обмен объектом O_d не завершится с заданными результатами (описываемыми сложным событием, зависящим от возможностей актуализации целей), а также и за заданное время, с заданными затратами ресурсов.

Т.е. $\tilde{A}_d = \tilde{A}_R(\tilde{Y}(O_d), \tilde{Y}^o(O_d)) \cap \tilde{A}_{R^o}(\tilde{Y}^o(O_d), \tilde{Y}^{o,d}(O_d))$, т.е. событие, состоящее в том, что затраты ресурсов на обмен O_d не превзойдут ограничений на них и будут получены результаты в виде эффектов конверсии и функционирования с требуемыми характеристиками этих результатов.

$\tilde{A}_e / \bar{\tilde{A}}_d$ – событие, состоящее в том, что \tilde{A}_d не произошло, и при этом условии, произошло событие \tilde{A}_e , состоящее в том, что обмен объектом O_e завершится с заданными результатами (описываемыми сложным событием, зависящим от возможностей актуализации целей), а также и за заданное время, с заданными затратами ресурсов.

Т.е. $\tilde{A}_e = \tilde{A}_R(\tilde{Y}(O_e), \tilde{Y}^o(O_e)) \cap \bar{\tilde{A}}_{R^o}(\tilde{Y}^o(O_e), \tilde{Y}^{o,o}(O_e))$, т.е. что затраты ресурсов на обмен O_e не превзойдут и будет получены результаты в виде эффектов конверсии и функционирования с требуемыми характеристиками этих результатов.

В частном случае, если результаты обмен объектом O_e не зависят от результатов обмена объектом O_d , то

$\Delta E(O_e, O_d) \equiv E(O_e) - E(O_d)$ – показатель предпочтительности обмена с объектом O_e по сравнению с объектом O_d .

На практике альтернатив обмениваемых объектов не два, а более двух. Рассмотрим этот случай. Пусть имеется множество $O \circ \{O_g, g = \overline{1, G}\}$ возможных альтернатив обмена.

Тогда $O^*(O) \circ \mathop{\text{Arg max}}_{g \in \overline{1, G}} \{E(O_g)\}$ – наилучшая альтернатива конкурентного обмена на множестве O альтернатив обмена, т.е. такая альтернатива, которая обеспечивает наилучшее значение показателя эффективности обмена на множестве альтернатив обмена, отличных от исследуемой альтернативы O' (изделия, выпускаемого предприятием).

С использованием альтернативы $O^*(O)$ и наилучшей из возможных величин эффективностей обмена $E(O^*) \equiv \max_{g \in \overline{1, G}} \{E(O_g)\}$ можно определить показатель конкурентоспособности выпускаемой альтернативы O' на множестве возможных альтернатив обмена:

$$K(O) \circ E(O') - E(O^*).$$

Введенный показатель конкурентоспособности – число, представляющее собой разницу в значениях показателей эффективности обмена для оцениваемой альтернативы O' обмена и наилучшего значения на множестве остальных альтернатив.

Если эта величина положительная, это означает, что оцениваемая альтернатива обмена лучше остальных на величину показателя

конкурентоспособности, а если отрицательная, то альтернатива не выдерживает конкуренции с другими альтернативами.

Обозначим этот вектор характеристик $x_{jk} = \langle x_{i_{jk}}; i_{jk} = \overline{1, I_{jk}} \rangle$. $x_{jk} \in X$, где X – множество допустимых значений характеристик. Для определения зависимости показателя конкурентоспособности предложена функция конкурентоспособности изделий $K^u(x_j; O) = k^u(x_j)$, сопоставляющая принимаемым решениям $x_{jk} = \langle x_{i_{jk}}; i_{jk} = \overline{1, I_{jk}} \rangle$ значения K^u конкурентоспособности на заданном рынке, описанном O . В зависимости от решаемой задачи вид вектора может меняться и, в результате, меняется и вид решаемой задачи совершенствования конкурентоспособности изделий. Вектор $x_{jk} = \langle x_{i_{jk}}; i_{jk} = \overline{1, I_{jk}} \rangle$ может, например, представлять собой набор целых чисел $x_{i_{jk}}$ – номеров технических решений для заданного k – го изделия. Они могут быть перенумерованы и тогда, при необходимости, описаны одним целым индексом, например, n .

В качестве функции конкурентоспособности предприятия предлагается использовать $K^n(x_j; O^n) = k^n(x_j)$, где O^n – заданный рынок инвестиций, ресурсов и персонала.

4. Задача исследования операционных и обменных свойств систем. С использованием введенных показателей свойств конкурентоспособности, предпочтительности обмена, эффективности обмена, потенциала систем, эффективности функционирования систем возможно решить ряд актуальных задач, связанных с исследованием операционных и обменных свойств предприятий и выпускаемых ими изделий [2, 21-27]. Одна из таких задач – задача исследования показателей конкурентоспособности изделий ПВН и предприятия ОПК при модернизации предприятия ОПК. Сформулируем постановку задачи исследования операционных и обменных свойств предприятий и выпускаемых ими изделий на примере этой частной задачи. Обозначим:

$G^u(x_j)$ – множество возможных изменений целей использования изделия O_e , описываемого x_j ;

$\tilde{Y}(x_j, G^u(x_j))$ – совокупность характеристик эффектов конверсии и последующего (целевого) функционирования системы/изделия при всевозможных изменениях $G^u(x_j)$ цели функционирования;

$\tilde{Y}^o(x_j, G^u(x_j))$ – совокупность характеристик требований к эффектам конверсии и к последующему (целевому) функционированию системы/изделия при всевозможных изменениях $G^u(x_j)$ цели функционирования и ассоциированных с ними мер возможностей (в частности, вероятностей) событий, состоящих в переходе от достижения одной цели к другой, новой цели;

$\tilde{Y}(x_j, G^n(x_j))$ – совокупность характеристик эффектов конверсии и последующего (целевого) функционирования предприятия ОПК при всевозможных изменениях $G^n(x_j)$ цели функционирования;

$\tilde{Y}^o(x_j, G^n(x_j))$ – совокупность характеристик требований к эффектам конверсии и к последующему (целевому) функционированию предприятия ОПК при всевозможных изменениях $G^n(x_j)$ цели функционирования и ассоциированных с ними мер возможностей событий, состоящих в переходе от достижения одной цели к достижению другой, новой цели.

\tilde{R} – случайное отношение между прогнозируемыми характеристиками $\tilde{Y}(x_j, G^u(x_j))$ эффектов и требуемыми $\tilde{Y}^o(x_j, G^u(x_j))$ характеристиками эффектов. Тогда:

$W^c(O_e) \circ Poss(\tilde{R}^o(\tilde{Y}^o(x_j), \tilde{Y}^{o,\Delta}(x_j)))$ – ресурсоемкость и оперативность обмена, где

$\tilde{Y}^{ou}(x_j)$ – совокупность характеристик эффектов – затрат ресурсов и эффектов – затрат времени на обмен изделием, описываемым x_j ;

$\tilde{Y}^{ou,\Delta}(x_j)$ – совокупность требований к характеристикам эффектов – затрат ресурсов и требований к эффектам – затратам времени на обмен изделием, описываемым x_j ;

$\tilde{Y}^{on}(x_j)$ – совокупность характеристик эффектов – затрат ресурсов и эффектов – затрат времени на обмен с исследуемым предприятием;

$\tilde{Y}^{on.o}(x_j)$ – совокупность требований к характеристикам эффектов – затрат ресурсов и требований к эффектам – затратам времени на обмен с исследуемым предприятием;

$H_k^n(x_{jk})$ – k – е изделие, выпускаемое заданным предприятием

ОПК при условии принятия плана x_{jk} ;

$X_k = \{x_{jk}, j = \overline{1, J}\}$ – множество возможных планов модернизации;

$\Pi_p(H_k^n)$ – производитель и поставщик k – го изделия;

$M^И = \langle m_p^n; p = \overline{1, P} \rangle$ – программные мероприятия внедрения технологических, технических, организационных, финансовых решений, которые могут быть включены в план модернизации:

$$\pi_l^И = M_l, A \hat{I} M_l \times M_l, M_l = \langle m_l^И, l = \overline{1, L} \rangle;$$

y_{km} – множество векторов решений, описывающих изделия $O_{kmn}^g(y_{kmn}) \hat{I} O_{km}^g(y_{km})$, где O_{km}^g – m – е изделие с параметрами $O_{kmn}^g(y_{kmn})$ из множества G_k^g конкурентных изделию $H_k^n(x_{jk})$ изделий g – х производителей, где $g \in G$, с различными возможными характеристиками $O_{kmn}^g(y_{kmn})$, $O^u = \{O_{km}^g, g = \overline{1, G}\}$;

$S_{m_l}(\pi_l^И) = \{S_{m_l}\}$; $S_{m_l} : M_l = \langle m_l^И, l = \overline{1, L} \rangle$ – возможные способы реализации мероприятий $M^И$ и прогнозируемые результаты процесса внедрения технических решений для каждого способа реализации каждого из ПМВ;

P_{G^u} – меры возможности актуализации целей из G^u ;

P_{G^n} – меры возможности актуализации целей из G^n ;

$\Theta(H_k^n(x_{jk}), G^u)$ – графики модернизируемой деятельности заказчика с использованием внедренных для использования на практике изделий ПМВ и графики реализации деятельности до такого внедрения;

R_{G^u} – характеристики ограничений на ресурсы, которые могут быть израсходованы в соответствии с целями из G^u ;

R_{G^n} – характеристики ограничений на ресурсы, которые могут быть израсходованы в соответствии с целями из G^n ;

$C(x_{jk})$ – оптимальная стоимость изделия при x_{jk} .

Принимаются следующие упрощающие допущения:

1. Цели обмена после его начала не могут меняться.
2. План представляет собой вектор $x_{jk} = \langle x_{i_{jk}} ; i_{jk} = \overline{1, I_{jk}} \rangle$ целых чисел $x_{i_{jk}}$ – номеров решений для заданного k -го изделия.

3. Потенциал изделий $\varphi(x_j; O^u)$, ресурсоемкость и оперативность $W^C(x_j; O^u)$ обмена изделиями и эффективность обмена изделиями $E(x_j; O^u)$ стохастически не зависят друг от друга, от планов выпуска поставщиком $P_p(H_k^n)$ других изделий H_l^n , поставщик и производитель выступают в одном лице $P_p(H_k^n)$, рассматривается продажа изделий одного вида одному заданному потребителю ПВН.

4. Потенциал предприятия $\varphi(x_j; O^n)$ ОПК, ресурсоемкость и оперативность $W^C(x_j; O^n)$ обмена с предприятием ОПК и эффективность этого обмена $E(x_j; O^n)$ стохастически не зависят друг от друга и от действий других предприятий ОПК на том же рынке инвестиционных и других ресурсов, полуфабрикатов и персонала.

5. Модели эффектов $\tilde{Y}(x_j, G^u(x_j))$, $\tilde{Y}(x_j, G^n(x_j))$, $\tilde{Y}^{ou}(x_j)$, $\tilde{Y}^{on}(x_j)$ и модели изменения требований $\tilde{Y}^o(x_j, G^u(x_j))$, $\tilde{Y}^{ou.o}(x_j)$, $\tilde{Y}^{on.o}(x_j)$ к эффектам в зависимости от целей известны (в виде соответствующих зависимостей, получаемых с использованием моделей).

Тогда задача исследования показателей конкурентоспособности представляется следующим образом:

Пусть заданы:

$$M^H, S_m(\pi_l^H), G^u, G^n, H_k^n, \tilde{Y}(x_j, G^u(x_j)), \tilde{Y}(x_j, G^n(x_j)), \tilde{Y}^{ou}(x_j), \tilde{Y}^{on}(x_j), \tilde{Y}^o(x_j, G^u(x_j)), \tilde{Y}^{ou.o}(x_j), \tilde{Y}^{on.o}(x_j), X_k, P_{G^u}, (1) \Theta(H_k^n(x_{jk}), G^u), R_{G^u} .$$

Требуется найти:

$$1. X_k^{n*} \subseteq X_k^n, C(x_{jk}): (x_{jk}^{n*} \in X_k^{n*}) \leftrightarrow x_{jk}^{n*}: K^u(x_j; O^u) \geq 0, K^n(x_j; O^n) \geq 0; \quad (2)$$

$$2. x_{jk}^{opt} \in X_k^{n*}, C(x_{jk}): \langle K^u(x_j; O^u), K^n(x_j; O^n) \rangle = \max_{x_j \in X} \{ \langle K^u(x_j; O^u), K^n(x_j; O^n) \rangle \}; \quad (3)$$

$$\text{где } K^u(x_j, C(x_{jk}); O^u) \geq 0, K^n(x_j, C(x_{jk}); O^n) \geq 0 \text{ и} \quad (4)$$

$$C^*(x_{jk}) = \text{Arg} \max_{\substack{C_v(x_{jk}) \in \mathbb{R} \\ v=1, V_c}} \{ \langle K^u(x_j, C_v(x_{jk}); O^u), K^n(x_j, C_v(x_{jk}); O^n) \rangle \} \quad (5)$$

Выражения (1)—(5) задают математическую модель задачи исследования конкурентоспособности изделий ПВН и предприятий ОПК при их модернизации. Для ее решения необходимо разработать ряд моделей (описанных при постановке задачи как заданные), разработать методы и информационные технологии расчета показателей конкурентоспособности, потенциала, эффективности обмена и эффективности функционирования. Они должны позволять, задаваясь исходными данными, получать выражения для расчета эффектов реализации различных процессов целевого функционирования изделия, предприятия ОПК, их конверсии при изменении целей как с использованием передаваемого изделия ПВН, так и без него, а также с использованием конкурирующих изделий. Для успешного решения представленной в качестве примера и других задач исследования операционных и обменных свойств систем предложено представить эти исследовательские задачи (вопросы, на которые следует найти ответы) в виде системы из элементов задачи и их связей, таких, что за счет использования элементов задачи и связей между ними задача может быть решена. Такую систему элементов решаемой задачи и связей между ними предложено называть *моделью задачи*. Процесс решения задачи связывается с оперированием элементами модели задачи и отношениями между ними – так, чтобы была получена требуемая модель – результат решения задачи. Оперирование моделями предлагается основывать на разрабатываемом математическом аппарате расширенных графов [4, 11]. *Автоматизация моделирования достигается* за счет использования уже разработанных элементов моделей задач и отношений между ними (разработанных моделей, методов, комплексов моделей, связей ме-

жду ними) для порождения необходимых новых частей моделей решаемой задачи.

5. Заключение. В статье рассмотрены операционные и обменные свойства систем, определены показатели таких свойств и, на основе рассмотрения примера одной из типовых задач, формализованы задачи, решаемые при исследовании операционных и обменных свойств систем. Обоснована концепция исследования обменных свойств систем на основе исследования их операционных свойств, реализуемых в результате обмена. Предложена унифицированная схема оценивания показателей операционных и обменных свойств систем, основанная на оценивании меры соответствия расширенных случайных графов, описаны некоторые частные случаи использования этой схемы оценивания показателей операционных и обменных свойств. С использованием полученных результатов выполнена постановка задач исследования операционных и обменных свойств систем. Полученные результаты позволяют перейти к разработке моделей и методов моделирования, позволяющих унифицировать элементы задач исследования операционных и обменных свойств систем, автоматизировать их решение с использованием современных информационных технологий.

Литература

1. *Батоврин В.К.* Современное состояние международных стандартов системной и программной инженерии // Бизнес-информатика. 2009 г. №3(09). С. 3-10.
2. *Брезгин В.С., Буравлев А.И., Буренок В.М. и др.* Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе // М.: Издательский дом «Граница». 2012.
3. *Иоффе А.Я., Марков В.И., Петухов Г.Б. и др.* Вероятностные методы в прикладной кибернетике: Уч. пособие / Под ред. Юсупова Р.М. // Л. 1976. 424 с.
4. *Гейда А. С., Лысенко И.В., Карачев А.А.* Методика оценивания конкурентоспособности продукции военного назначения и выпускающих ее предприятий на основе исследования операционных свойств систем // Оборонная техника. М.: ФГУП НТЦ «Информтехника».
5. *Гейда А. С.* Моделирование при исследовании технических систем: использование некоторых расширений теории графов //Труды СПИИРАН. 2011. № 17. С. 234–245.
6. *Гейда А. С.* Оценивание эффектов функционирования организационно-технических систем: концепция автоматизации // Труды СПИИРАН. 2009. №11. С. 63–80.
7. *Гейда А.С., Лысенко И.В.* Автоматизация решения задач исследования потенциала систем и эффективности их функционирования // Труды СПИИРАН. 2012. № 22. С.260–281.
8. *Гейда А. С., Лысенко И. В.* Алгоритм оценивания качества обслуживания технической системы // Известия ВУЗов. Серия приборостроение. СПб. 1992. №3–4. С. 3–8.
9. *Гейда А. С., Лысенко И. В.* Задачи исследования потенциала социально-экономических систем // Труды СПИИРАН. СПб. 2009. № 10. С. 63–84.
10. *Гейда А. С., Лысенко И. В., Седлов Е. В.* Методика планирования инновационной деятельности с учетом приоритетности создаваемых изделий // Информацион-

- ные технологии моделирования и управления. Воронеж: Издательство «Научная книга». 2011. № 7(72). С. 747–754.
11. *Гейда А. С., Лысенко И. В., Силла Е. П.* Задачи исследования качества и потенциала систем реализации целевых программ // Информационно-управляющие системы. СПб. 2011. № 4. С. 77–83.
 12. *Гейда А. С., Лысенко И. В.* Использование расширений графов для автоматизации решения задач исследования потенциала систем и эффективности их функционирования // Современные проблемы прикладной информатики. Сб. науч. трудов научно-практической конференции по современным проблемам прикладной информатики. 23-25 мая 2012 г. СПб. 2012. С. 9–12.
 13. *Гейда А. С., Силла Е. П.* Проблема автоматизации решения задач исследования потенциала систем и эффективности их функционирования // Современные проблемы прикладной информатики. Сб. науч. трудов научно-практической конференции по современным проблемам прикладной информатики. 23-25 мая 2012 г. СПб. 2012. с. 68–72.
 14. *Гранкин Б. К., Козлов В. В., Лысенко И. В.* Принципы декомпозиции сложных объектов в проектных исследованиях // Мехатроника, автоматизация, управление. 2008. №6. С. 1–6.
 15. *Гранкин Б. К., Козлов В. В., Лысенко И. В.* Принципы моделирования, декомпозиции, агрегирования и координации в системных исследованиях технологических комплексов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2010. №161. С. 124–130.
 16. *Лысенко И. В.* Нечеткая оптимизация: новый подход к постановке и решению задач // Труды СПИИРАН. 2004. Т. 1. Вып. 2. С. 90–118.
 17. *Лысенко И. В.* Анализ и синтез сложных технических систем. Часть 1. Анализ и синтез систем обеспечения готовности ракет-носителей и космических аппаратов к запуску (основы теории) // М.: Воениздат. 1995. 368 с.
 18. *Лысенко И.В.* Оценивание качества технологических процессов: использование аппроксимирующих вероятностных моделей // Труды СПИИРАН. 2006. №3. С.207–216.
 19. *Мизес Л.* Человеческая деятельность: Трактат по экономической теории / 2-е испр. изд. // Челябинск: Социум. 2005. 878 с.
 20. *Петухов Г. Б., Якунин В. И.* Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем // М.: АСТ. 2006 г. 504 с.
 21. *Минько Э.В., Минько А.Э., Смирнов В.П.* Качество и конкурентоспособность продукции и процессов // Спб. ГУАП. 2005. 240 с.
 22. *Чистов Л. М.* Теория, методологические основы и алгоритм эффективного управления социально-экономическими системами // СПб: Астерион. 2004.
 23. *Ильичев А.В.* Основы анализа эффективности и рисков целевых программ: Истоки, формализация, реализация // М.: Научный мир. 2009. 303 с.
 24. *Кузин П.И.* Оценка конкурентоспособности предприятия оборонно-промышленного комплекса // Вооружение и экономика. 2012. №3.
 25. *Морозов Л.М., Петухов Г.Б., Сидоров В.Н.* Методологические основы теории эффективности / Ред. Юсупов Р.М. // Л.: ВИКИ им. А.Ф.Можайского. 1982. 236 с.
 26. *Райзберг Б.А., Лобко А.Г.* Программно-целевое планирование и управление // М. ИНФРА-М. 2002. 428 с.
 27. *Чернов М.И.* Военно-экономический потенциал государства и роль оборонно-промышленного комплекса в его обеспечении // Армия и Общество. М. 2008 №3.
 28. *Щедровицкий Г. П.* Избранные труды // М.: Шк. Культ. Полит. 1995. 800 с.
 29. *Joe Zhu.* Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver: International Series // Springer Verlag. 2002. 328 p.

30. Checkland P. *Systems Thinking, Systems Practice: Includes a 30-Year Retrospective* // Wiley&Sons. NY. USA. 1999.

References

1. Batovrin V.K. [Current state of the international standards of system and program engineering]. *Buiseness-informatika – Business informatics*. 2009. №3 (09). pp. 3-10. (In Russ.).
2. Brezgin V.S., Buravlev A.I., Burenok V.M. *Metodologija programmno-celevogo planirovaniya razvitija sistemy vooruzheniya na sovremennom jetape* [Methodology of program and object planning of development of armaments systems at the present stage]. Moscow, «Granitsa». 2012. (In Russ.).
3. Ioffe A.Y., Markov V.I., Petuhov G.B. *Verojatnostnye metody v prikladnoj kibernetike: Uch. posobie* [Probabilistic methods in applied cybernetics. Edited by R.M. Yousoupov]. Leningrad. 1976. 424 p. (In Russ.).
4. Geyda A.S., Lysenko I.V., Karachev A.A. [Competitiveness of armaments and military enterprises estimation based on operational properties of systems research]. *Oboronnaya tehnika – Defense equipment*. Moscow. FGUP NTZ «Infortehnika». (In Russ.).
5. Geyda A.S. [Modeling for research of technical systems problems: usage of graph theory extensions]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2011. vol. 17. pp. 234–245. (In Russ.).
6. Geyda A.S. [Estimation of techno-organizational systems functioning effects: concept of automation]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2009. vol. 11. pp. 63–80.
7. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Automation of the solution of research problems of systems potential, capabilities and efficiency of system functioning]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2012. vol. 22. pp. 260–281. (In Russ.).
8. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Algorithm of estimation of quality of service of technical system]. *Izvestiya VUZov. Priborostroyeniye – Proceedings of higher education institutions. Series “instrument making”*. 1992. vol. 3–4, pp. 3–8. (In Russ.).
9. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Research problems of social-economic systems capabilities and potential]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2009. vol. 10. pp. 63–84. (In Russ.).
10. Geyda A.S., Lysenko I.V., Sedlov E.V. [Technique of planning of innovative activity taking into account priority of the created products]. *Informacionnyye tehnologii modelirovaniya I upravleniya – Information technologies of modeling and management*. Voronezh: Nauchnaya Kniga. 2011. vol. 7(72). pp. 747-754. (In Russ.).
11. Geyda A.S., Lysenko I.V., Silla E.P. [Research problems of quality, capabilities and potential of systems of implementation of public programs]. *Informacionno-Upravlyayushyie sistemy – Management information systems*. 2011. vol. 4. pp. 77–83. (In Russ.).
12. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Usage of graph theory extensions for automation of the solution of research problems of systems potential and capabilities and efficiency of systems functioning]. *Sovremennye problemy prikladnoj informatiki. Sb. nauch. trudov nauchno-prakticheskoy konferencii po sovremennym problemam pri-kladnoj informatiki* [Modern problems of applied informatics]. Saint-Petersburg. 2012. pp. 9–12. (In Russ.).
13. Geyda A.S., Silla E.P. [Problem of automation of the solution of research problems of systems capabilities, potential and efficiency of their functioning]. *Sovremennye problemy prikladnoj informatiki. Sb. nauch. trudov nauchno-prakticheskoy konferencii po sovremennym problemam pri-kladnoj informatiki* [Modern problems of applied informatics]. Saint-Petersburg. 2012. pp. 68–72. (In Russ.).
14. Grankin B.K., Kozlov V.V., Lysenko I.V. [The principles of decomposition of complex objects in design researches]. *Mehatronica, avtomatizacijya, upravleniye – Mechatronics, automation, management*. Moscow. 2008. vol. 6. pp. 1–6. (In Russ.).
15. Grankin B.K., Kozlov V.V., Lysenko I.V. [Principles of modeling, decomposition, aggregation and coordination in system researches of technological systems]. *Nauchnyui vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*

- grazhdanskoj aviacii – Scientific bulletin of the Moscow state technical university of civil aviation*. Moscow. 2010. vol. 161. pp. 124–130. (In Russ.).
16. Lysenko I.V. [Fuzzy optimization: new approach to statement and solution of research problems]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2004. vol. 2. pp. 90–118. (In Russ.).
 17. Lysenko I.V. *Analiz i sintez slozhnyh tehnikeskikh sistem. Chast' 1. Analiz i sintez sistem obespechenija gotovnosti raket-nositel'j i kosmicheskikh apparatov k zapusku (osnovy teorii)* [Analysis and synthesis of complex technical systems. Part 1. The analysis and synthesis of readiness ensuring systems of rocket carriers and spacecrafts to their launch (a theory basis)]. Moscow. Voenizdat. 1995. 368 p. (In Russ.).
 18. Lysenko I.V. [Estimation of quality of technological processes: usage of approximate probabilistic models]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS proceedings*. 2006. vol. 3. pp. 207–216. (In Russ.).
 19. Mises L. *Chelovecheskaja dejatel'nost': Traktat po jekonomicheskoj teorii, 2-e ispr. izd* [Human action. A treatise on economics]. Chelyabinsk. Socium publishing. 2005. 878 p. (In Russ.).
 20. Petuhov G.B., Yakunin V.I. *Metodologicheskie osnovy vneshnego proektirovanija celenapravlennyh processov i celeustremennyh sistem* [Methodological foundations of purposeful processes and purposeful systems design]. Moscow: ACT publishing. 2006. 504 p. (In Russ.).
 21. Minko E.V., Minko A.E., Smirnov V.P. *Kachestvo i konkurentosposobnost' produkcii i processov* [Quality and competitiveness of products and processes]. Saint-Petersburg. GUAP. 2005. 240 p. (In Russ.).
 22. Chistov L.M. *Teorija, metodologicheskie osnovy i algoritm jeffektivnogo upravlenija social'no-jekonomicheskimi sistemami* [Theory, methodological foundation and algorithm of effective management of social and economic systems]. Saint-Petersburg: Asterion publishing. 2004. (In Russ.).
 23. Ilyichev A.V. *Osnovy analiza jeffektivnosti i riskov celevyh programm: Istoki, formalizacija, realizacija* [Foundations of the analysis of efficiency and risks of public programs: Sources, formalization, realization]. Moscow. Nauchnyi mir. 2009. 303 p. (In Russ.).
 24. Kuzin P.I. [Assessment of competitiveness of the enterprise of defense industry complex]. *Vooruzhenie I economica – Armaments and economy*. vol. 3. 2012. (In Russ.).
 25. Morozov L.M., Petuhov G.B., Sidorov V.N. *Metodologicheskie osnovy teorii jeffektivnosti. Red. Jusupov R.M.* [Methodological foundations of the efficiency theory. Edited. By Yousoufov R.M.]. Leningrad. 1982. 236 p. (In Russ.).
 26. Raizberg B.A., Lobko A.G. *Programmno-celevoe planirovanie i upravlenie* [Program and object planning and management]. Moscow. Infra-M publishing. 2002. 428 p. (In Russ.).
 27. Chernov M.I. [Military-economic capabilities and potential of the state and role of defense industry complex in its delivery]. *Armiya I obshestvo – Army and society*. Moscow. vol. 3. 2008. (In Russ.).
 28. Shedrovitsky G.P. *Izbrannye trudy* [Chosen works]. Moscow. Shkola. Kultura. Politika. 1995. 800 p. (In Russ.).
 29. Joe Zhu. *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver: International Series*. Springer Verlag. 2002. 328 p.
 30. Checkland P. *Systems Thinking, Systems Practice: Includes a 30-Year Retrospective*. Wiley&Sons. NY. USA. 1999.

Гейда Александр Сергеевич — к-т техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории информационно-аналитических технологий в экономике Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: анализ и синтез организационно-технических, социально-экономических систем, оценивание потенциала и эффективности их функционирования.

Число научных публикаций — 121. geida@iias.spb.su, СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-3257, факс +7(812)328-4450.

Geida Alexander Sergeevich — Ph.D., associate professor, senior researcher, Laboratory for Information-Analytic Technologies for Economics, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS). Research interests: analysis and synthesis of techno-organizational, socio-economical systems, their functioning efficiency estimation, estimation of techno-organizational, socio-economical systems capabilities under risk conditions. The number of publications — 121. geida@iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-3257, fax +7(812)328-4450.

Исмаилова Зульфия Флюровна — преподаватель ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского». Область научных интересов: автоматизированное моделирование в задачах анализа и синтеза сложных систем, теория графов, алгоритмы на графах. Число научных публикаций — 11. Ilys2004@mail.ru, ОмГУ, проспект Мира, д. 55-А, г. Омск, 644077, РФ. р.т. +7(3812)46-66.

Ismailova Zulphia Flurovna — assistant professor of Omsk F. M. Dostoevsky State University. Research interests: automated modeling for solving complex systems analysis and design problems, graph theory, algorithms on graphs. The number of publications — 11. Ilys2004@mail.ru, Omsk State University, prospect Mira, 55-A, Omsk, 644077, Russian federation; office phone +7(3812)46-66.

Клитный Игорь Владимирович — научный сотрудник главного управления глубоководных исследований МО РФ. Область научных интересов: моделирование сложных организационно-технических систем, исследование совершенства функционирования предприятий ОПК, исследование конкурентоспособности продукции военного назначения. Число научных публикаций — 7. Ilys2004@mail.ru, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-3257, факс +7(812)328-4450.

Klitnyu Igor Vladimirovich — researcher, main headquarter of deep-water researches ministry of defense of Russian Federation. Research interests: modeling of complex organizational and technical systems, research of military industrial complex enterprises improvement, competitiveness of military products research. The number of publications — 7. Ilys2004@mail.ru, SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-3257, fax +7(812)328-4450.

Лысенко Игорь Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией информационно-аналитических технологий в экономике Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: моделирование, информационно-аналитические технологии, экономический анализ функционирования организационно-технических систем, программно-целевое планирование и управление, разработка теории нечетких чисел и функций с приложениями. Число научных публикаций — 243. Ilys@iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-3257, факс +7(812)328-4450.

Lysenko Igor Vasilievich — Ph.D., Dr. Sci., professor, head of Laboratory for Information-Analytic Technologies for Economics chief, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS). Research interests: modeling, information-analytic technologies, economic analysis of techno-organizational systems functioning, fuzzy numbers theory and applications. The number of publications — 243. Ilys@iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-3257, fax +7(812)328-4450.

РЕФЕРАТ

Гейда А.С., Исмаилова З.Ф., Клитный И.В., Лысенко И.В. **Задачи исследования операционных и обменных свойств систем.**

В статье на примере задач, возникающих при исследовании свойств продукции военного назначения, выпускающейся на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, описаны задачи исследования операционных и обменных свойств сложных технических систем. Важнейшими особенностями таких задач является то, что исследуемые свойства следует оценивать в условиях отсутствия массовости выпуска и обмена изделий продукции военного назначения и отсутствия стационарности функционирования выпускающих их предприятий, а также то, что при исследовании необходимо использование прогнозных математических моделей. При этом, такое исследование возможно и целесообразно осуществить, опираясь на исследование продукции военного назначения и предприятий оборонно-промышленного комплекса, функционирование которых описывается, как функционирование сложных систем.

Операционные свойства систем характеризуют результаты (эффекты) функционирования систем (к операционным свойствам, в частности, отнесены эффективность функционирования системы для достижения заданной цели, потенциал системы), а обменные свойства характеризуют обмен результатами функционирования (к таким свойствам отнесены конкурентоспособность изделия, конкурентоспособность предприятия). Показано, что обменные свойства систем целесообразно изучать, используя концепцию и методологию оценивания операционных свойств систем.

Введены показатели оценивания операционных свойств и на их основе введены показатели обменных свойств систем, допускающие свое прогнозное оценивание на прогнозных математических моделях, что дает возможность решать спектр актуальных задач исследования операционных и обменных свойств систем. С использованием полученных результатов выполнена постановка задач исследования операционных и обменных свойств систем.

SUMMARY

Geida A.S., Ismailova Z.F., Klitnuy I.V., Lysenko I.V. **Operational and exchange properties of systems research problems.**

In article, on the example of the tasks arising at research of products properties, created at the enterprises of a military-industrial complex, problems of operational and exchange properties of complex technical systems research are investigated.

The most important features of such research are: 1) Properties under research estimated in the conditions of absence of mass character of products exchange and lack of uniformity of functioning of the enterprises. 2) Necessity to use prognostic mathematical models. It is possible to carry out such research, relying on research of products and the defense industry enterprises, as complex systems.

Operational properties of systems characterize results (effects) of activity with use of systems (operational properties, in particular, are efficiency of system functioning for achievement of the given objective, system potential, system capabilities).

Exchange properties characterize properties of exchange of results of activity (exchange properties, in particular, are competitiveness of a product, competitiveness of the enterprise). As shown it is expedient to study exchange properties of systems, using the concept and methodology of estimation of operational properties of systems. Indicators for operational properties estimation proposed and on their basis indicators for exchange properties of the systems suggested.

Indicators suggested in such a way that their estimation suppose usage of mathematical models. This gives the chance to solve a range of research problems of operational and exchange properties of systems. On the example of one research problem statement of research problems of operational and exchange properties of systems provided.