

А.С. Гейда, З.Ф.Исмаилова, И.В.Клитный, И.В. Лысенко

## ОТНОШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМ И СМЕЖНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

---

*Гейда А.С., Исмаилова З.Ф., Клитный И.В., Лысенко И.В.* **Отношения эффективности функционирования, потенциала систем и смежных операционных свойств.**

**Аннотация.** В статье рассмотрены общие черты, особенности, перспективы использования различных видов операционных свойств в теории эффективности целенаправленных процессов, теории потенциала систем, при решении задач системной инженерии, задач военной науки, задач эконометрики. Показано, что использование предложенных общих подходов к использованию операционных свойств на основе прогнозирования соответствия характеристик эффектов характеристикам целей в разных условиях, на основе прогнозных математических моделей должно позволить решать значительный спектр имеющихся и новых задач в разных областях. Предложена шкала отношений порядка операционных свойств, позволяющая определить отношения между различными операционными свойствами на основе определения того, насколько полно передаются при исследовании этих свойств соответствия характеристик эффектов и целей функционирования.

**Ключевые слова:** операционные свойства, эффективность, действенность, производительность, потенциал системы, экономический потенциал, военный потенциал, потенциальные состояния, оценивание, цели, показатели, требования.

*Geida A.S., Ismailova Z.F., Klitnyy I.V., Lysenko I.V.* **Relations of Effectiveness of System Functioning, System Potential and Adjacent Operational Properties.**

**Abstract.** The article describes general features, distinctions and prospects of using different types of operational properties in the theory of targeted processes efficiency, theories of system capability, as well as for solving problems of systems engineering, problems of military science and tasks of econometrics. General approaches are offered for operational properties usage based on forecasting if characteristics of effects comply with characteristics of requirements under different conditions, using mathematical models. These approaches make it possible to solve a considerable range of current and new problems in different areas. A ratio scale of the order of operational properties is suggested. It allows one to determine the relations between various operational properties. It reflects the level of compliance between characteristics of effects and purposes of functioning.

**Keywords:** operational properties, efficiency, effectiveness, efficacy, productivity, performance, potential, potentiality, capabilities, capability, system potential, economic potential, military capabilities, military potential, estimation, goals, indicators, requirements.

---

**1. Введение.** Ранее [2] нами были введены операционные свойства систем и их функционирования, описаны основные задачи их исследования. Операционные свойства (ОСв) используются при решении разнообразных задач экономической теории, системной инженерии, при планировании функционирования предприятий, в других областях человеческой деятельности [1–9]. При этом наблюдается несогласованность используемых терминов, методов и моделей исследования ОСв в различных задачах. В статье установлены отношения порядка

между различными ОСв, описаны особенности различных ОСв и общий способ их оценивания. Отношения порядка установлены за счет указания видов связей различных ОСв и их показателей с целями функционирования. При этом, в основном, рассматриваются приложения в области техники и экономики. Используются следующие определения.

*Техническая система* [10, 11] – целостная совокупность элементов и связей между ними, используемая при реализации деятельности для достижения заданных целей. Как правило, *сложной технической системой* (СТС) называют техническую систему, изучение которой связано со сложностями, возникающими при исследовании технических систем. Например, отмечается [12], что такие сложности часто вызваны наличием людей и их коллективов, реализующих целенаправленную деятельность в составе ряда технических систем.

*Цель* функционирования СТС – желаемое состояние в будущем, характеристики желаемого результата функционирования СТС. Измеримые результаты функционирования СТС, к которым предъявляются требования, в соответствии с заданной целью функционирования СТС, называют *эффектами* функционирования СТС.

*Операционные свойства* СТС и ее функционирования – свойства СТС, характеризующие соответствие эффектов функционирования СТС [2] требованиям к этим эффектам, выдвигаемым в соответствии с целями функционирования СТС. Цели могут меняться во времени, что вызывается изменениями в среде СТС, в том числе – в результате деятельности в среде. Такие изменения называют *актуализацией целей*.

В зависимости от рассматриваемых целей, видов их актуализации, видов эффектов, видов соответствий эффектов требованиям к ним могут быть определены различные ОСв. За счет определения различных видов соответствий эффектов между собой и требованиям к ним далее определены виды ОСв и установлены отношения между ними.

ОСв исследуются, поскольку СТС создаются, а затем деятельность с их использованием (функционирование СТС) организуется, чтобы давать требуемые эффекты и достигать, в результате цепочки результатов, актуализируемые цели, а затем, возможно, переходить к достижению новых актуализируемых целей и (или) совершенствовать достижение существующих целей. Тем самым, ОСв – свойства, по которым следует судить о совершенстве и совершенствовании СТС и организованной с их использованием деятельности.

Если задана фиксированная цель функционирования заданной СТС, то отношение на границе СТС и среды, реализуемое для достижения этой конкретной цели, представляет собой функционирование

для достижения заданной цели – *целенаправленный процесс функционирования системы* (ЦПФС) [1, 2]. Так, если такой ЦПФС направлен на достижение одной из целей функционирования, для достижения которой СТС и создавалась, то такой ЦПФС называют процессом «целевого» функционирования. Если такой ЦПФС направлен на совершенствование СТС – например, для достижения новой цели (актуализированной взамен предыдущей), для улучшения достижения существующей цели, для модернизации системы так, чтобы достигалась новая цель или существующая цель достигалась с лучшими характеристиками – такой ЦПФС назовем *конверсией* [2, 13, 14]. Конверсией могут быть представлены как создание системы, так и ее утилизация, т.е. начало и конец *жизненного цикла (ЖЦ)* СТС.

*Эффективность ЦПФС* – свойство ЦПФС, характеризующее его приспособленность к достижению заданной цели. Как видно из приведенных определений, СТС может реализовывать комплекс ЦПФС. Соответственно, для описания ОСв СТС (реализующей комплекс ЦПФС) следует ввести ОСв СТС – ее потенциал.

*Потенциал системы* – свойство, характеризующее приспособленность системы к достижению целей при функционировании [2].

Эффективность ЦПФС – комплексное операционное свойство функционирования системы для достижения заданной цели, изучается в рамках теории эффективности ЦПФС [1]. Потенциал системы – комплексное ОСв системы. Изучается в рамках теории потенциала систем [13]. Необходимость судить об ОСв систем возникает при решении задач на всех этапах ЖЦ систем. Решаемые при этом задачи предлагается называть *задачами операционного совершенствования*. Возможные воздействия при решении задач операционного совершенствования направлены на лучшее достижение целей и описывают всевозможные способы улучшения достижения целей. Такие возможные воздействия систематизированы на схеме (рисунок 1Рис. 1) ниже. Эта последовательность изменений описывает все возможные пути формирования различных *способов действий по достижению целей* за счет определения отношений разного вида и изменения их характеристик. Тем самым, упрощенно деятельность может быть представлена, как комплекс (планируемых) способов действий, из множеств возможных и получение (прогнозируемых) откликов на них. Судить о прогнозируемых результатах операционного совершенствования следует по достигаемым показателям ОСв. К задачам операционного совершенствования относятся задачи теории эффективности [1–3], теории потенциала [13–15], задачи исследования эффективности в эконометрике,

задачи системной инженерии и многие другие задачи [4–12]. Рассмотрим особенности исследования ОСв.

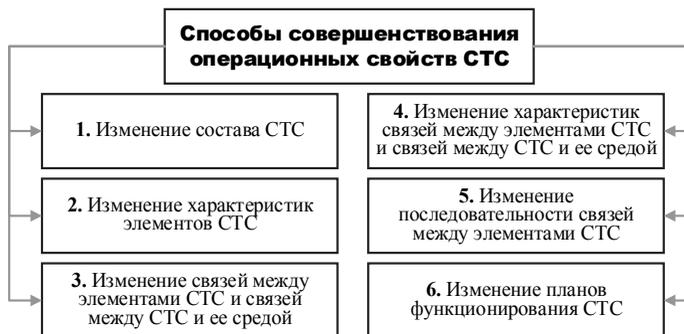


Рис. 1. Схема классификации возможных воздействий при совершенствовании операционных свойств СТС

**2. Исследование операционных свойств в теории эффективности ЦПФС.** В теории эффективности изучаются ОСв ЦПФС, в том числе комплексное ОСв ЦПФС – эффективность. Они исследуются по схеме решения задач исследований эффективности, приводимой ниже в упрощенном виде:

1. Строятся концептуальные и затем, формальные модели СТС и реализуемого СТС ЦПФС для достижения заданной цели, а затем решаемая задача описывается, как математическая задача исследований. Задачи описываются с учетом случайностей разного вида [11].

2. Строятся модели аналитических зависимостей между переменными значениями характеристик СТС и ЦПФС и эффектами ЦПФС.

3. Унифицировано, путем определения (теоретико-вероятностных, нечетких) мер соответствия эффектов между собой и требованиям к ним, в соответствии с целями ЦПФС, определяются показатели операционных свойств ЦПФС. Решаются математические задачи выбора оптимальных значений переменных.

Важнейшие достоинства описанной схемы исследований:

1. Исследования по схеме теории эффективности ЦПФС позволяют решать задачи научно обоснованно, на основе прогнозных математических моделей формирования эффектов, с учетом случайностей разной природы, на основе применения для решения задач формальных математических методов теории выбора, исследования операций, математического программирования.

2. Исследуются возможности наступления тех или иных состояний в будущем и их соответствие целям в зависимости от характеристик способов действий.

3. С использованием описанной схемы возможно успешное решение не только задач оценивания и анализа эффективности ЦПФС, но и решение задач синтеза. Решение таких задач позволяет «проектировать будущее» на основе предпринимаемых действий научно обоснованно, на основе использования математических моделей этого будущего.

Опишем схему исследований эффективности ЦПФС формализовано. Обозначим:

$\tilde{Y}(\pi; X)$  – вектор эффектов процесса функционирования СТС в соответствии с планом  $\pi$  функционирования для достижения заданной цели  $G$  функционирования. В этом векторе эффектов план – основная (для целей исследования) часть комплекса выбранных (и запланированных для реализации) способов действий людей (способов проявления свободы), из множества  $\Pi \equiv \{\pi_n, n = \overline{1, N}\}$  возможных планов действий. Эффекты в векторе – отклик «природы» на выбранные способы «свободных» действий [16], функция от плана действий и природных параметров  $X$  СТС и ее функционирования.

$\tilde{Y}^o(G; X')$  – вектор требований к эффектам процесса функционирования СТС в соответствии с заданной целью  $G$  функционирования СТС и природными параметрами  $X'$  среды СТС и функционирования среды;

$P^{oi}(\tilde{Y}(\pi; X), \tilde{Y}^o(G; X')) \equiv Poss(\tilde{\mathbf{R}}(\tilde{Y}(\pi; X), \tilde{Y}^o(G; X')))$ , где  $\tilde{\mathbf{R}}$  – случайное отношение между  $\tilde{Y}(\pi; X)$  и  $\tilde{Y}^o(G; X')$ ;

$P^{oi}(\tilde{Y}(\pi; X), \tilde{Y}^o(G; X'))$  – возможность случайного события, состоящего в том, что будет достигнута цель функционирования СТС ОПК. Указанная возможность – величина, характеризующая меру соответствия результатов проявления «свободы» и «природы» [12,16] при функционировании СТС в заданной среде СТС, при достижения заданной цели функционирования СТС. Она 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.  $Y^o(G) \equiv \langle Y_1^o(G), Y_2^o(G) \rangle$ .

Тогда, возможность достижения цели может быть, например, представлена с использованием вероятности (достижения цели):

$$P^{ou}(\tilde{Y}(\pi; X), \tilde{Y}^o(G; X')) = Poss((\tilde{Y}_1(\pi; X) \geq Y_1^o(G; X')) \cap (\tilde{Y}_2(\pi; X) \leq Y_2^o(G; X'))).$$

Для использования полученных выражений при решении задач исследования операционных свойств необходимо связать полученные выражения со способами выполнения действий и их комплексами.

Пусть  $y_{pq}(a_{pq}; x_{pq})$  – вектор эффектов, получаемых при реализации действия  $a_p$  способом действия  $a_{pq}$ . Здесь  $x_{pq}$  – характеристики, определяющие значения  $y_{pq}$ . Эти характеристики относятся к характеристикам природы. Способ действия  $a_{pq}$  относится к характеристикам свободы.

Эффекты, получаемые комбинированием различных мероприятий  $a \equiv \{a_p, p = \overline{1, P}\}$ , реализуемых различными способами  $a_{QP} \equiv \{a_{pq}, p = \overline{1, P}, q = \overline{1, Q}\}$ , обозначим  $Y_{PQ}(a_{QP}; x_{QP})$ . Комбинации мероприятий и способов их реализации обозначим  $K_{PQ}$ .

Для решения задач исследования операционных свойств необходимо определить такие  $K_{PQ}$  и  $Y_{PQ}(a_{QP}; x_{QP})$ , что:

$$\tilde{Y}(\pi; X) = Y_{PQ}(a_{QP}; x_{QP}).$$

При этом,  $\pi \subseteq K_{PQ}$ ,  $X \subseteq \bigcup_{K_{PQ}} x_{QP}$ . Затем, следует решить задачи

оценивания, анализа и синтеза планов  $\pi$  по показателям операционных свойств. Увеличение числа способов возможных мероприятий, как и увеличение вариантов их комбинирования может вести к улучшению  $Y_{PQ}(a_{QP}; x_{QP})$  (но может и не вести к такому результату).

**3. Исследование операционных свойств в теории потенциала систем.** Методология исследования потенциала систем опирается на методологию исследования эффективности. Опишем схему решения задач исследования потенциала СТС формализовано. Она использует приведенную выше схему решения задач оценивания эффективности.

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 случайного объекта (события, величины, отношения);

$p_{j,s} \stackrel{d}{=} Poss(\tilde{A}_{j,s})$  – мера возможности актуализации  $\tilde{A}_{j,s}$ , где " $\stackrel{d}{=}$ " – 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  $G_j \in G$ ,  $\tilde{Y}_j^{\circ} \equiv \{\tilde{Y}^{\circ}_{j,k}; k = \overline{1, K}\}$  (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  $\tilde{R}_{s,j,k}(\tilde{Y}_{s,j,k}, \tilde{Y}^{\circ}_{s,j,k})$  друг с

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

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

$k$  – 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  $G_s \in G$ ;

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

$Poss(\tilde{A}_{\tilde{\mathbf{R}}_{s,j}}(\tilde{Y}_{s,j}, \tilde{Y}_{s,j}^{\circ}))$  – показатель эффективности и конверсивности достижения заданной 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;  $\tilde{Y}^{\circ}$  – вектор характеристик требований к результатам конверсии и функционирования СТС;

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

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

$\tilde{\mathbf{R}}_{\tilde{\mathbf{R}}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^{\circ})}$  – случайное событие, состоящее в том, что случайное отношение  $\tilde{\mathbf{R}}$ , введенное выше, будет реализовано на множестве пар  $(\tilde{Y}, \tilde{Y}^{\circ})$  при переходах от достижения  $G_s \in G$  к достижению  $G_j$ ;

$\Psi(\tilde{Y}, \tilde{Y}^{\circ}) \equiv Poss(\tilde{\mathbf{R}}_{\tilde{\mathbf{R}}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^{\circ})}(\tilde{Y}, \tilde{Y}^{\circ}))$  – общее выражение для показателя потенциала СТС в многомерном виде, мера возможности события, состоящего в реализации требуемого отношения на всех возмож-

ных реализациях (случайного) отношения между эффектами. ОСв, кроме ТЭЦП и теории потенциала, исследуются при решении многих задач [4–15, 17–30]. Рассмотрим их особенности.

**4. Исследование операционных свойств при решении задач системной инженерии.** Элементы концепции и методологии теории потенциала целесообразно использовать *при решении задач системной инженерии* [12, 19, 22] и других задач, возникающих при исследовании сложных систем [18–29]. Предмет системной инженерии понимается пока неоднозначно, обычно под задачами системной инженерии («Systems Engineering») принято [12, 21] понимать такие задачи, которые возникают при рассмотрении всевозможных процессов, реализуемых для проектирования, создания и других процессов жизненного цикла искусственных систем. Задачи системной инженерии часто [17] описываются, как три (и более) единство системы отношений между элементами технической системы, системы отношений при функционировании этих элементов системы и системы отношений в процессе жизненного цикла системы. В [12] указано, что системную инженерию следует реализовывать в операционном пространстве («functional space»), исследуя цепочки преобразования эффектов. Так в [12] при описании концепции системной инженерии вводятся следующие основные концепты, связанные с получением *цепочек эффектов в различных условиях*: установка, предприятие («plant»), функционирование которого направлено на выпуск продукта; продукт («product»), производимый предприятием или установкой; услуга, предоставляемая заказчику («service») с использованием продукта (установки); заказчики («users»), заинтересованные лица («stakeholders»), инженерия («engineering»), затраты («cost»), целевые результаты («revenue»). Утверждается, что судить о совершенстве результатов системной инженерии следует по соотношению целевых результатов и затрат при функционировании создаваемой системы. По аналогии с соответствующим финансовым показателем, указанное соотношение названо прибылью на вложения («Return On Investment», ROI), понимаемым расширительно, не только в финансовом смысле. Мера такого соответствия может быть установлена *при исследовании ОСв аналитически, на моделях*, если требования («stakeholder concerns») выражены формализовано.

Вайн Ваймор (Wayne Wymore) [29] считает, что основная высокоуровневая функция системной инженерии – убедиться в том, что система удовлетворяет требованиям к ней на всех этапах жизненного цикла. Функциональный аспект преобразования ресурсов представляется автором, как основа для описания систем и их функционирования,

с использованием основного несводимого функционального элемента, реализующего преобразование ресурсов в результаты («irreducible functional element», IrE) исследуемым классом систем с той или иной структурой и составом. В [47] такой элемент, *фактически – модель формирования ОСв*. Отличие модели показателя ОСв, введенного выше от модели IrE состоит, в следующем:

1. Модель показателя описывает соответствие целям, а не только соответствия эффектов в IrE и отражает «stakeholder concerns».

2. Модель показателя описывает формирование показателей от эффектов и требований затем – от переменных, и тем самым, позволяет формулировать задачи, как *оптимизационные математические задачи*.

3. Модель показателя содержит описание того, *какие модели должны быть построены* для решения задач.

Эффекты, введенные ранее при описании способов действия могут быть представлен в функциональном виде, как функция  $f_{pq}$ , сопоставляющая эффектам – затратам ресурсов  $y_{pq}^{pec} \subseteq y_{pq}$  (в том числе времени  $t_{pq} \in y_{pq}^{pec}$ ) эффекты – целевые результаты  $y_{pq}^{цел} \subseteq y_{pq}$ :

$$f_{pq}(y_{pq}^{pec}, a_{pq}; x_{pq}) \equiv y_{pq}^{цел}(y_{pq}^{pec}, a_{pq}; x_{pq}).$$

Такая функция и есть аналог IrE системной инженерии.

С использованием таких функций, путем их комбинирования в систему действий с разными характеристиками и реализуются требуемые преобразования эффектов. Исследование ОСв и системная инженерия *пересекаются по решаемым задачам*. Представляется, что системная инженерия шире, поскольку она носит практический, мультидисциплинарный характер, а исследование ОСв носит теоретический характер и реализуется на основе математических моделей и методов.

**5. Исследование операционных свойств при решении задач военной науки.** В военной науке активно используется [30, 31] понятие боевого, военно-экономического потенциала. Необходимость исследования потенциала вооруженных сил, оборонно-промышленного комплекса (ОПК), предприятий и организаций обуславливается, в частности, наличием разнообразных цепочек преобразований результатов при их функционировании. К числу элементов таких цепочек относятся эффекты государственной программа вооружений (ГПВ), государственного оборонного заказа (ГОЗ), федеральных целевых программ совершенствования предприятий ОПК (ФЦП), программ фундаментальных исследований (ПФИ). Эти цепочки должны приводить к достижению целей государства по обеспечению безопасности.

Важность исследования операционных свойств систем и их функционирования для решения комплекса задач национальной обороны отмечается и в публикациях стран НАТО по оборонной тематике. В [39] введены показатели операционных свойств – МОЕ (measure of effectiveness, МОР (measure of performance), ТРМ (Technical Performance Measures), Key Performance Parameters (KPP). Определен порядок их оценивания. [17]. Оценивание этих свойств необходимо [35–39], при решении задач исследования процессов системной инженерии и задач организации процессов приобретения вооружения и военной техники («military acquisitions»), соответствующим ГПВ и ГОЗ в РФ.

МОЕ определена, как показатель свойства, характеризующего приспособленность достигать цели («операционная мера успеха»). При этом не предполагается фиксированной (заданной) какая-либо система.

МОР определены, как основные характеристики функционирования заданной системы для достижения заданной цели, определяющие эффективность конкретного функционирования. ТРМ – характеристика элемента и описывает операционные свойства элементов систем. Фактически, речь идет о потенциале элементов СТС выполнять задания СТС. КРР – основные характеристики системы и процессов ее функционирования, определяющие ее эффективность. Они близки по смыслу параметрам системы и ее функционирования, от которых зависят характеристики эффектов в ТЭЦП. При этом утверждается [17], что в качестве КРР используют не все, а основную часть параметров, отклонения которых могут приводить к несоблюдению требований заказчика. В результате, совокупность введенных в [37–39] показателей, если их увязать в комплекс с характеристиками целей и описать показатель эффективности через меру соответствия характеристик эффектов характеристикам целей – так, как это реализовано в ТЭЦП, позволит оценивать МОЕ, как комплексный показатель эффективности.

Исследование потенциальных возможностей («Capabilities») изделий вооружения и военной техники и связь их с эффективностью применения, а затем с эффективностью жизненного цикла и другими операционными свойствами обсуждается в [35]. Потенциальная возможность («Capability») определена генеральным штабом ВС США [39] как «возможность достигать желаемого эффекта согласно имеющимся стандартам и условиям путем комбинации путей и средств реализации множества действий». Представляется, что данное определение довольно близко по смыслу к понятию о потенциальных состояниях системы при исследовании потенциала СТС. При этом ряд авторов определяет это понятие по-другому. Так, в «Capabilities approach» А. Сена [40] «Capability» – возможность реализовать успеш-

ное функционирование и соответственно, возможность получить результат процесса функционирования (Functioning), возможные достижимые состояния, которые способна достигать система («capable of») за счет функционирования. Понятие о «Capabilities» и во множественном числе, «Capabilities», активно используется при исследовании «Систем систем» (System of Systems) и в других оборонных исследованиях стран НАТО [32, 33].

В [33] указаны требования к описанию «Capabilities». В частности, характеристики, описывающие их и единицы их измерения должны быть такими, чтобы можно было оценить соответствие характеристик целям и *эффективность достижения целей* [33].

Говоря о «Capabilities» следует иметь в виду состояния (достижимые возможности) функционирования (при достижении той или иной цели). *Потенциальным состоянием* будем называть состояния системы, которое может быть получено при функционировании системы для достижения какой-либо цели [33]. Совокупность потенциальных состояний и характеристик целей функционирования в разных условиях («Capabilities objectives») [32] позволяет определить потенциал исследуемой системы, а затем использовать полученные значения для планирования, основанного на потенциальных возможностях («Capability based planning») [34], путем решения соответствующих математических задач. Такое исследование операционных свойств при решении задач военной науки должно позволить перейти к решению практических задач, как математических оптимизационных задач на числовых моделях.

## **6. Исследование операционных свойств в эконометрике.**

Эффективность в эконометрике [7] понимается, как свойство предприятия, характеризующее отсутствие несовершенства объекта исследований (исследуется предприятия и их функционирование) по сравнению с наилучшими известными образцами для заданных условий известного рынка. Такое понимание восходит к идеям Г. Дебре и М. Фарелл [41], состоящих в том, что эффективность предприятия той или иной отрасли может быть измерена тем приростом выпускаемого продукта, который может в текущих «обычных» экономических и технических условиях для отрасли быть достигнут без дополнительного расходования ресурсов предприятием. Такого рода понимание эффективности будем называть *«эконометрической» эффективностью*.

Наилучшие образцы и их характеристики для разных условий определяются путем исследования имеющихся статистических данных, с определением границы производственных возможностей, называемой также эффективной гиперповерхностью [42, 28] – «frontier». По

расстоянию до этой границы и определяются показатели, принимаемые, как показатели эффективности разных видов. Так, например, имеется метод анализа среды функционирования [5, 43] («Data Envelopment Analysis», DEA), метод [41] стохастической производственной границы («Stochastic Frontier Analysis», SFA). Точки эффективной гиперповерхности можно трактовать, как целевые значения характеристик функционирования (цель – достижение уровня лидеров, уровня границ производственных возможностей), а «расстояние» до точек гиперповерхности – как меру «недостижения» цели. При такой трактовке эконометрическая эффективность может быть увязана с эффективностью ЦПФС в теории эффективности ЦПФС (ТЭЦП), как с более общим понятием. А именно, в ТЭЦП показатели эффективности ЦПФС (и ряда других, частных операционных свойств) измеряются не по мере выполнения отношения близости к «идеальным» эффектам, а по мере выполнения отношения, определяющего достижение заданной цели функционирования. Цель в ТЭЦП чаще всего описывается, как ограниченная область гиперпространства эффектов. При задании же цели с использованием эконометрических представлений, цель определяется характеристиками эффективной гиперповерхности. Разница между двумя концепциями оценивания эффективности – эконометрической эффективности и эффективности ЦПФС в такой трактовке цели будет заключаться в определении цели и меры соответствия эффектов целям. При этом, в эконометрических методах, использующих стохастическую производственную границу оценивание эконометрической эффективности будет примерно соответствовать оцениванию эффективности в ТЭЦП при условии задания в качестве характеристик цели области производственной границы. Отличие оценивания эффективности ЦПФС от эконометрического оценивания эффективности состоит в том, что характеристики эффектов и целей рассчитываются на основе прогноза, а не наблюдаются.

**7. Шкала отношений порядка операционных свойств.** Как следует из выполненного анализа, во многих разделах технических и экономических наук используются разные представления об операционных свойствах, причем достаточно часто эти понятия недостаточно согласованы. В зарубежных англоязычных источниках используются такие понятия, как производительность (англ. «productivity» – производительность, продуктивность, эффективность) и потенциальная эффективность, качество функционирования (англ. «performance» – действие, качество функционирования, производительность), которые, как утверждает ряд авторов, следует отличать от свойств, определяемых рядом различных англоязычных понятий, тоже переводимых, как

эффективность («effectiveness, efficacy, effectiveness»), несмотря на то, что их смысл не только в отечественных но и в зарубежных источниках различается. В связи с этим представляется важным рассмотреть эти и ряд других понятий, используемых в отечественной и зарубежной литературе в тех случаях, когда исследователь стремится характеризовать результаты функционирования – т.е., операционные свойства систем и их функционирований и предложить такой принцип классификации свойств, чтобы установить отношения порядка между используемыми терминами, описывающими операционные свойства. В качестве принципа для установления такого отношения порядка предлагается использовать полноту описания отношения с характеристиками целей функционирования различными операционными свойствами и их показателями. Анализ терминов для обозначения ОСв, их показателей, соответствующих концептов и денотатов, практики их употребления свидетельствует, что их отличия состоят в степени учета характеристик целей функционирования, а общность состоит в том, что все они так или иначе используют для оценивания показателей ОСв характеристики эффектов функционирования СТС для достижения каких-либо целей. Представление о цели и эффективности функционирования, как свойстве, характеризующем приспособленность к достижению заданной цели, согласуется с традиционными понятиями из теории стрельбы, теории эффективности целенаправленных процессов [1–3] представлениями о цели и, затем, об эффективности функционирования, как о мере возможности достижения цели [2], с практикой решения оптимизационных и других задач теории эффективности [13], нормативными документами и стандартами, определяющими эффективность функционирования технических систем [6, 44]. С использованием различных мер отношений характеристик эффектов с характеристиками целей функционирования оказывается возможным определить *шкалу отношений порядка* [45] *ОСв*.

Когда какое-либо свойство исследуется по эффектам функционирования СТС, эффекты следует рассматривать комплексно, если в названии свойства не выделены какие-либо определенные группы эффектов (например, оперативность, ресурсоемкость). Поэтому представляется, что все свойства, название которых содержит корень «effect» должны описывать весь комплекс эффектов, а не их часть, и должны включать отношение с определенной целью или целями и именно в особенностях этого отношения с целями должны различаться указанные свойства. *Комплексные операционные свойства* описывают эффекты, отношения между эффектами и отношения с целями функционирования на разных уровнях. Следует выделить *частные опера-*

ционные свойства, содержащие в своем названии или определении конкретные эффекты. Например, производительность труда в самом названии содержит описание эффекта (затраты трудовых ресурсов), который выделен при исследовании. Энергоэффективность содержит указание на ресурс в виде энергии, который изучается исследователем. Поэтому, при исследовании таких свойств рассматривается лишь часть эффектов.

По отношению к достижению целей функционирования системы комплексные операционные свойства функционирования СТС следует условно разместить в порядке «productivity», «efficacy», «efficiency», «effectiveness», «performance». За указанной группой свойств располагают свойства потенциала системы, конкурентоспособности, а затем, возможно, и другие еще не введенные свойства. Перейдем к описанию ОСв в разных частях предлагаемой шкалы.

Представления о различных операционных свойствах и их соответствия с другими операционными свойствами по отношению к целям функционирования могут быть проиллюстрированы (рисунок 2) с использованием схем, на которых в разные моменты времени схематически представлены объекты, необходимые для исследования ОСв.

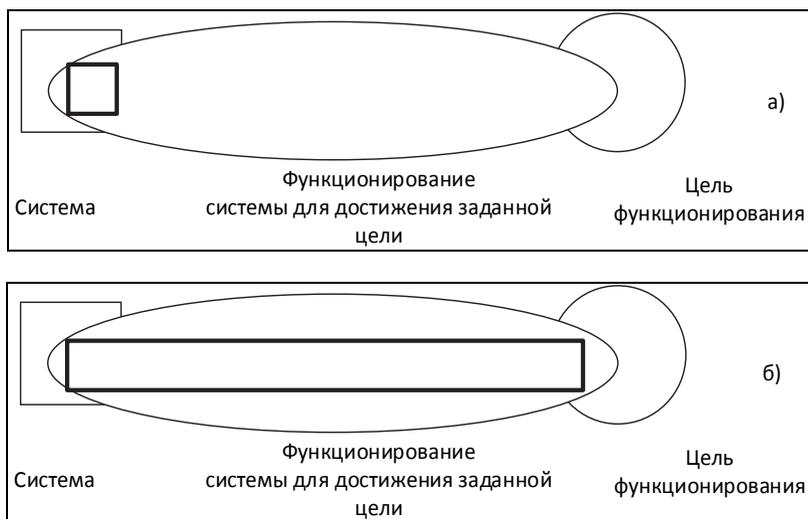


Рис. 2. Схема проявления операционных свойств: а) «efficacy», б) «efficiency»

Квадратом изображена система, прямоугольник с полужирным выделением описывает ту часть системы и ее функционирования, которая отражается при исследовании соответствующего операционного

свойства, овалом передан процесс функционирования системы и кругом – цель функционирования, рисунок 2, а) иллюстрирует объекты исследования и их отношения при исследовании производительности и эффективности в том смысле, который обычно вкладывается в понятия «performance», «efficacy». Такие показатели характеризуют функционирование системы частично, например, за счет показателей производительности, энергоэффективности, а для эффективности в смысле «efficacy» – за счет оценивания всего комплекса отношений между эффектами. Цель и степень ее достижения не оценивается этими показателями, но косвенно учитывается путем указания какой результат целевой, а какой нет. На рисунке б) проиллюстрированы объекты исследования, оцениваемые при исследовании эффективности в смысле «efficiency» и в ряде случаев – «effectiveness». Свойства, оцениваемые в соответствии со схемой (рисунок 2, а)) считаются свойствами, учитывающими отношения с целями в меньшей степени, чем свойства, оцениваемые в соответствии со схемой, приведенной на следующей схеме (рисунок 2, б)). Говорят, что свойства (рисунок 2, б)) находятся *выше в шкале операционных свойств* по их отношению с целями, чем свойства (рисунок 2, а)). Рассмотрим ряд свойств, оцениваемых по указанным схемам.

*Продуктивность, производительность* («productivity»). При исследовании вопрос о достаточности получаемых результатов для достижения каких-либо целей не ставится. Однако, несмотря на это, для оценивания этого свойства нужно иметь представление о том, для получения каких (целевых) эффектов расходуются ресурсы. Тем самым, сведения о цели учтены, но событие, состоящее в достижении цели, не исследуется. Ряд авторов [46–48] указывает на то, что производительность должна исследоваться лишь с учетом целей и задач функционирования предприятия и стратегии достижения указанных целей.

Свойство, передающееся термином «performance» лучше не использовать в смысле производительность, продуктивность. Этот термин лучше понимать, как эффективность в широком смысле. Так, С. Гросскопф [49], например, определяет продуктивность, как свойство, составной частью которой является эффективность («efficiency»). Последняя понимается в узко эконометрическом смысле, как отсутствие производственных и других потерь по сравнению с имеющимся образцом.

В задачах теории эффективности ЦПФС [1–3] производительность – одна из характеристик операционного функционала. В [55] отмечается, что различие понятий об эффективности («efficacy, efficiency, effectiveness, performance») и продуктивности лежит в определении разных видов отношений между входами, выходами и целями.

Понятие о *действенности* («*efficacy*») – действенность, эффективность, эффективность) представляется на шкале отношений с целями функционирования ближе всего к продуктивности и производительности и дальше всего от свойств, комплексно описывающих соответствие целям. Эффектность, действенность, как и производительность, оценивается в отсутствии сведений о достижении цели, но в предположении, что общие сведения о цели имеются. А именно, известен весь комплекс эффектов и то, как они преобразуются. Этим действенность и отличается, на наш взгляд, от производительности и продуктивности, где известны целевые и обеспечивающие эффекты, но, возможно, не все. Действенность определяется результатами действия, на которые оно было направлено. Эти результаты – затраты ресурсов и целевые результаты, поскольку действие состоит в обмене ресурсов на результат и без затрат ресурсов результат не может быть реализован. Однако, предположений о достижении цели при исследовании «*efficacy*» нет.

Когда какое-либо свойство исследуется по эффектам функционирования СТС, эффекты следует рассматривать комплексно, если в названии свойства не выделены какие-либо определенные группы эффектов (например, оперативность, ресурсоемкость). Поэтому представляется, что все свойства, название которых содержит «*effect...*» должны описывать весь комплекс эффектов, а не их часть. Термины оперативность, ресурсоемкость, результативность, безопасность описывают ОСв, но не содержат корня «*effect*», не характеризуют все результаты и не могут называться комплексным ОСв, являясь частными ОСв.

Рассмотрим понятия о комплексных ОСв, описываемых англоязычными терминами «*effectiveness*» и «*efficiency*». Они находятся далее от «*efficacy*» по разрабатываемой шкале отношений ОСв. Схема оценивания для эффективности в смысле «*efficiency*» была приведена ранее на схеме (рисунок 2, б)). На схеме (рисунок 3, а)) проиллюстрировано оценивание показателя ОСв в смысле «*effectiveness*», когда исследуется последовательность достигаемых целей. Рассматриваемое ОСв «*effectiveness*» продолжает и использует исследование ОСв «*efficiency*» в том смысле, что оно рассматривает цепочки получения эффектов, образующиеся в результате достижения целей. Например, произведенная продукция и израсходованные для этого ресурсы позволяют перейти к обмену (продукцией, ресурсами) со средой, а затем – к получению прибыли [12] в широком ее понимании. Сейчас нет общепринятого определения «*efficacy*», «*effectiveness*» и «*efficiency*» и их различий в русском переводе и эти термины, как и англоязычный термин «*performance*» обычно переводят, как эффективность. Тем не менее, сложилась определенная практика использования англоязыч-

ных терминов. Как указано в [50, 51] «efficiency» означает "делать вещи правильно", а «effectiveness» - делать правильные вещи ("Efficiency is doing things right, effectiveness is doing the right things.").

Понятие «effectiveness» на шкале операционных свойств ближе к понятию эффективности ЦПФС, однако, менее связано с целью, чем понятие эффективности ЦПФС. А именно, «делать правильные вещи» еще не значит достичь цели. В этом смысле, ближе всего к понятию эффективность ЦПФС представляется англоязычное понятие о «performance».

Следует отметить, что в разных источниках (в том числе, нормативных) указанные понятия трактуются по-разному. Так, например, в соответствии с глоссарием библиотеки инфраструктуры информационных технологий (IT Infrastructure Library, ITIL) [52] «effectiveness» переведена, как результативность, а «efficiency», как эффективность. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2012 [54] содержит определение «efficiency», как результативности и «effectiveness», как эффективности. При этом, в определениях этих ОСв авторы связывают «efficiency» с преобразованием ресурсов в результаты, а «effectiveness» с достижением целей и использованием полученного результата. На наш взгляд, оба свойства описывают достижение целей. Отличия связаны с тем, какие цели и цепочки целей и за счет чего достигаются. А именно, представляется, что «efficiency» характеризует достижение цели процесса преобразования ресурсов в результат, а «effectiveness» – последующего процесса удовлетворения потребителя. Следует учитывать, что результативность может переводиться еще и как «productivity» и не связываться с затратами всех ресурсов и достижением всех требуемых результатов [2, 6], а потому может характеризовать достижение цели лишь частично. При использовании термина эффективность необходимо уточнять чего (какого ЦПФС по достижению каких целей) эффективность рассматривается – эффективность преобразования ресурсов в требуемый результат или эффективность такого преобразования, а затем – преобразования по передаче результата в среду (обмена) и потребления результатов такого обмена. Если указанные термины переводить, как эффективность, но уточнять, какой процесс (процессы) достижения каких целей рассматриваются, то отличий в трактовке возможно избежать. В результате, «effectiveness» описывает то, как надо («правильно») достигать комплексные цели (решать комплекс задач) за счет правильного же выполнения ЦПФС достижения целей в цепочках достижения целей. Близкое по смыслу свойство эффективности в смысле «performance», как правило, понимается так, что оно включает и «efficacy», и «efficiency», и «effectiveness» и

соответственно, его следует определять, как находящееся выше эффективности в смысле «effectiveness» на шкале операционных свойств.

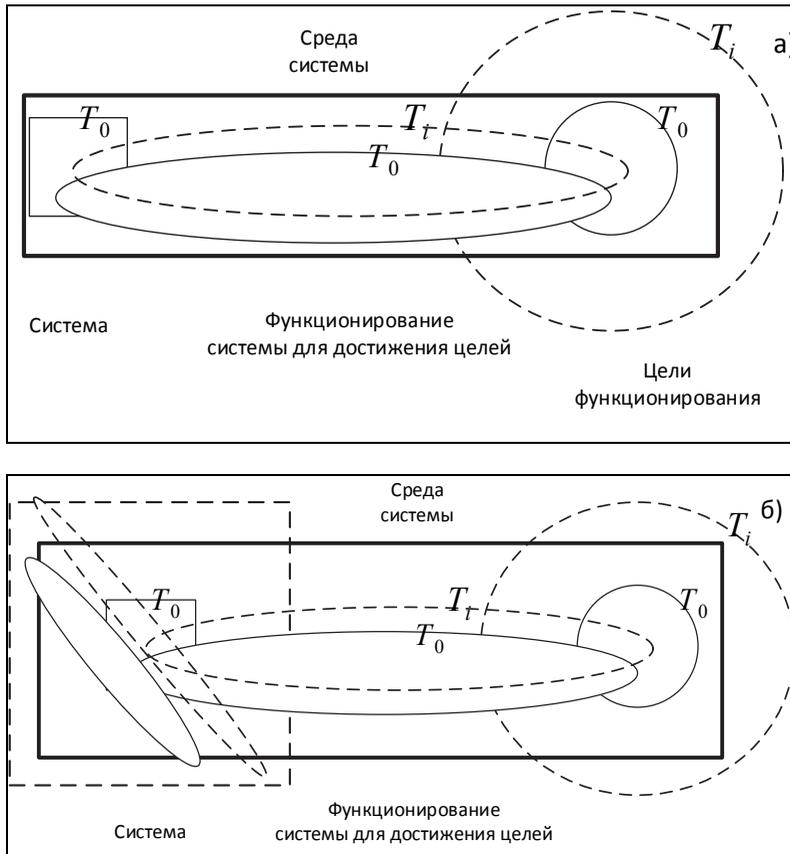


Рис. 3. Схема проявления операционного свойства effectiveness а) и потенциала б)

Рассматриваемые цепочки результатов включают только цепочки получения эффектов одного функционирования, а не другие возможные функционирования по достижению целей при разных функционированиях, реализуемых системой. Среди таких целей могут быть цели изменения системы и ее функционирования, ее конверсии для достижения новой цели, обмена со средой для продолжения достижения целей. Последовательности проявлений цепочек эффектов функционирования системы при этом следует рассматривать как более общее, по отношению к исследуемым целям, соответствие эффектов тре-

бованиям, чем свойство «effectiveness». Для такого исследования необходимо ввести соответствующее операционное свойство СТС – *свойство потенциала СТС* [2]. Это свойство относится к другому объекту исследований – системе, и на рассматриваемой шкале лежит выше свойства «effectiveness». При этом оказывается необходимым исследовать не только последовательности (цепочки) процессов достижения целей, направленных на достижение стратегической цели, но и цепочки процессов функционирования, цели которых связаны с переводом системы от достижения одной цели к достижению новой цели, сменившей исходную, или к продолжению достижения цели.

На схеме (рисунок 3, б)) показано оценивание потенциала СТС и аналогичных свойств – таких, как экономический потенциал предприятия, экономический потенциал рынка, отрасли. Оцениваются не только процессы достижения целей, но и переходы системы от достижения одной цели к достижению последующей (показаны условно в виде штриховых линий в левой части схемы, соответствующей системе в разные моменты времени).

В [12] подчеркивается, что исследовать систему необходимо именно как систему указанных процессов, как систему функционирования («system of functional elements»), что позволяет в частности, решить проблему формирования «эмерджентных» свойств, поскольку при объединении в комплекс функциональных элементов проблемы с «эмерджентными» свойствами не возникает [12]. Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что исследование комплексных ОСв следует осуществлять так, чтобы исследовалась система соответствий результатов функционирования системы характеристикам достигаемых целей и при этом, и функционирование и цели рассматривались, как система.

Такое исследование предполагается реализовать, например, при исследовании комплексных ОСв информационных технологий.

**7. Заключение.** С общих позиций рассмотрены особенности исследования ОСв систем и их функционирования при решении различных практических задач. Описаны общие черты, различия, перспективы решения задач исследования различных видов ОСв. Предложен общий подход к исследованию ОСв на основе прогнозирования соответствия характеристик эффектов и целей в разных условиях. Полученные результаты позволяют научно обоснованно выбирать и оценивать исследуемое ОСв в решаемых задачах, в зависимости от объекта исследований, его особенностей и особенностей задачи. С использованием предложенного общего подхода к исследованию различных ОСв представляется возможным выполнить научно обоснованное определение ОСв ин-

формационных технологий и других объектов, для решения задач исследования которых необходимо оценивать такие свойства.

### Литература

1. *Морозов Л.М., Петухов Г.Б., Сидоров В.Н.* Методологические основы теории эффективности. Учебное пособие / Под ред. Юсупова Р.М. // Л.: МО СССР. 1979. 174 с.
2. *Петухов Г.Б., Якунин В.И.* Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем // М. АСТ. 2006. 504 с.
3. *Гейда А.С., Лысенко И.В.* Оценка показателей операционных свойств систем и процессов их функционирования // Труды СПИИРАН. 2013. № 25. С. 317–337.
4. *Franceschini F., Galetto M., Maisano D.* Management by Measurement: Designing Key Indicators and Performance Measurement Systems // Springer, 2007. 242 p.
5. *Drucker P.F.* The Effective Executive: The Definitive Guide to Getting the Right Things Done // HarperCollins Publishers. 2006. 202 p.
6. ГОСТ Р 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения. ИЕС 60050: 1990-12 (NEQ) // М.: Национальный стандарт российской федерации. 2009. 247 с.
7. *Кривоножко В.Е., Сафин М.М., Уткин О.Б., Лычев А.В.* Программный комплекс «EffiVision» для анализа деятельности сложных систем // «Информационные технологии и вычислительные системы». 2005. № 3. С. 85–95.
8. *Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М.* Системная эффективность предприятия: сущность, факторы, структура // Москва-Киров: ВСЭИ. 2012. 152 с.
9. *Разумовский В.А.* Анализ эффективности инвестиционных проектов в интерактивном режиме // Вооружение. Политика. Конверсия. М. 2003. № 4. С. 17–25.
10. *Резников Б.А.* Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем // М.:МОСССР. 1990. 645 с.
11. *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. 365 с.
12. *Aslaksen E.W.* The System Concept and Its Application to Engineering // Springer. 2013. 266 p.
13. *Гейда А.С., Исмаилова З.Ф., Клитный И.В., Лысенко И.В.* Задачи исследования операционных и обменных свойств систем // Труды СПИИРАН. 2014. № 35. С. 136-160.
14. *Гейда А. С., Лысенко И. В.* Задачи исследования потенциала социально-экономических систем // Труды СПИИРАН. 2009. № 10. С. 63–84.
15. *Гейда А. С., Лысенко И. В.* Автоматизация решения задач исследования потенциала систем и эффективности их функционирования // Труды СПИИРАН. 2012. № 22. С.260–281.
16. *Кант И.* Критика чистого разума / Перевод Н. Лосского // М.: Мысль. 1994. 591 с.
17. *Systems engineering handbook. A “what to” guide for all SE practitioners. Technical Report INCOSE-TP-2003-016-02. Version 2a // International Council Systems Engineering. 2004.*
18. *Downey A.B.* Think Complexity. Complexity Science and Computational Modeling // O’Reilly Media. 2012.
19. *Hybertson D.W.* Model-oriented systems engineering science: a unifying framework for traditional and complex systems // Auerbach. 2009. 379 p.

20. *Sudit E.F.* Effectiveness, Quality and Efficiency: A Management Oriented Approach // Springer. 1996. 136 p.
21. Guide to the System Engineering Body of Knowledge. SEBoK v. 1.3.1 // INCOSE. 2014.
22. *Kossiakoff A., Sweet W., Seymour S., Biemer S.* Systems Engineering Principles and Practice. Second Edition // John Wiley & Sons, Inc. 2011. 560 p.
23. *Schlenker L., Matcham A.* The effective organization. The Nuts and Bolts of Business Value // John Wiley & Sons. 2005. 202 p.
24. *Simpson J.J., Dagli C., Miller A.* Development and Application of Abstract Relation Types for Use in Systems and System-of-Systems Design and Evaluation // Proceedings of Seventeenth Annual International Symposium of INCOSE. Systems Engineering: Key to Intelligent Enterprises. San Diego. California. 2007.
25. *Simpson J.J., Simpson M.J.* Formal, theoretical aspects of systems engineering // Systems Engineering. 2010. vol. 13. Issue 2. pp. 204–207.
26. *Stevens R.* Engineering Mega-Systems: The Challenge of Systems Engineering in the Information Age. CRC Press. C@ESE (Complex and enterprise Systems Engineering series). 2011. 256 p.
27. *Taticch P.* Business Performance Measurement and Management: New Contexts, Themes and Challenges // Springer Science & Business Media. 2010.
28. *Coelli T.J., Prasada Rao D.S., O'Donnell C.J., Battese G.E.* An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis // Springer. 2005. 357 p.
29. *Wymore A.W.* Model-Based Systems Engineering // CRC Press. Boca Raton. FL. USA. 1993. 710 p.
30. *Буравлев А.И., Гладышевский В.Л.* Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. М. 2014. №2 (27) С. 21–35.
31. ГОСТ 31278-2004. Сотрудничество государств-участников Содружества Независимых Государств военно-экономическое. Термины и определения // М. «Стандартинформ». 2006.
32. *Olivier J., Balestrini-Robinson S.* Capability-Based System-of-Systems Approach in Support of Complex Naval Ship Design // 5th International Conference on Complex System Design & Management (CSD&M 2014). Paris, France: Center of Excellence on Systems Architecture, Management, Economy and Strategy (CESAMES). 2014. pp. 59–70.
33. JCIDS Manual. Manual for the operation of the joint capabilities integration and development system // US Department of Defense. Washington. DC. 2012.
34. Joint test and evaluation methodology (JTEM) program manager's handbook for testing in a joint environment. Office of the secretary of defense // Wash. DC. USA. 2009.
35. *Elm J.P., Goldenson D.R., Emam K.E., Donatelli N., Neisa A.* A Survey of Systems Engineering Effectiveness - Initial Results (with detailed survey response data) // Pittsburgh. PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 2008. 288 p.
36. National Defense Industrial Association. Systems Engineering Division Practical Software and Systems Measurement Working Group Report. System Development Performance Measurement // NDIA. PSM. Washington, USA. 2011. 36 p.
37. *Roedler G.J., Schimmoller R., Rhodes D., Jones C. (Eds).* Systems engineering leading indicators guide. INCOSE Technical Product Number: INCOSE-TP-2005-001-03. Version 2.0 // Massachusetts Institute of Technology. INCOSE and PSM. 2010. 146 p.
38. MIL-STD-499B (draft), military standard: system engineering management // USA department of Defense. 1993. 70 p.

39. Operation of the Joint Capabilities Integration and Development System // Chairman of the Joint Chiefs of Staff (CJCS). CJCS Manual 3170.01C Washington. DC. 2007.
40. *Kuklys W.* Amartya Sen's capability approach. Theoretical insights and empirical applications // Berlin New York: Springer.2005. 117 p.
41. *Farrell M.J.* The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). Wiley. 1957. vol. 120. no. 3. pp. 253–290.
42. *Fried H.O., Lovell C.A.K., Schmidt S.S. (Eds.)* The measurement of productive efficiency. Techniques and Applications // Oxford university press. 1993.
43. *Кривоножко В.Е.* Неформальное описание технологии АСФ // «Банковские технологии». 2001. №5. С. 19–28.
44. Эффективность технических систем / Под ред. В.Ф.Уткина, Ю.В. Крючкова // Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах / Под ред. акад. Авдеевского В.С.и др. М. Машиностроение. 1988. Том 3. 328 с.
45. ГСИ. Шкалы измерений. Основные положения. Группа Т80. Термины и определения. МИ 2365-96 // М. ГП ВНИИФТРИ. 1996. 14 с.
46. *Abdel-Maksoud A., Abdel-Kader M.* Non-Financial Performance Measures: a Cross-Countries Comparison // Non-Financial Performance Measurement and Management Practices in Manufacturing Firms: A Comparative International Analysis. Elsevier, Oxford. pp. 191–228.
47. *Aslaksen E.W.* Designing Complex Systems. Foundations of design in the functional domain // CRC Press. Complex and enterprise Systems Engineering series. Auerbach Publications. Boca Raton. FL. 2008. 176 p.
48. *Neely A.D., Gregory M.J., Platts, K.W.* Performance measurement system design: a literature review and research agenda // International Journal of Operations & Production Management. 1995. vol. 15. no. 4. pp. 80–116.
49. *Färe R., Grosskopf S.* New Directions: Efficiency and Productivity (Studies in Productivity and Efficiency) // Kluwer Academic Publishers. London. 2005. 174 p.
50. *Cokins G.* Performance Management: Myth or Reality? // Performance Management: Integrating Strategy Execution, Methodologies, Risk, and Analytics. Wiley. 2009. 274 p.
51. *Cokins G.* Why is Modeling Foundational to Performance Management? // Dashboard inside newsletter. 2009.
52. Глоссарий терминов и определений ИТИЛ // Crown Copyright. 2011. 167 p.
53. СОВИТ 5. Бизнес-модель по руководству и управлению ИТ на предприятии // ISACA. IL. 2012. 95 с.
54. ГОСТ 27000-2012. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология // М. Стандартиформ. 2014. 17 с.
55. *Mandl U., Dierx A., Ilzkovitz F.* The effectiveness and efficiency of public spending // European Economy economic papers. EU economic and financial affairs. 2008. vol. 301.

## References

1. Morozov L.M., Petuhov G.B., Sidorov V.N. *Metodologicheskie osnovy teorii jeffektivnosti. Uchebnoe posobie* [Methodological foundations of effectiveness theory. Tutorial]. L., 1979. 174 p. (In Russ.).
2. Petuhov G.B., Yakunin V.I. *Metodologicheskie osnovy vneshnego proektirovaniya celenapravlennyh processov i celeustremlyennyh sistem* [Methodological foundations of purposeful processes and purpose-oriented systems external design]. М. 2006. 504 p. (In Russ.).
3. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Operational properties of systems and their functioning indicators appraisalment]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2013. vol. 25 pp. 317–337. (In Russ.).

4. Franceschini F., Galetto M., Maisano D. Management by Measurement: Designing Key Indicators and Performance Measurement Systems. Springer, 2007. 242 p.
5. Drucker P.F. The Effective Executive: The Definitive Guide to Getting the Right Things Done. HarperCollins Publishers. 2006. 202 p.
6. GOST R 27.002-2009. [Reliability in technics. Concepts and definitions.]. M.: Gosstandart Rossii. 2009. (In Russ.).
7. Krivonozhko V.E., Safin M.M., Utkin O.B., Lyuchev A.V. [EffiVision Software for analysis of complex systems activity]. *Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy – Information technologies and computational systems*. 2005. vol. 3. pp. 85–95. (In Russ.).
8. Gontareva I.V., Nizhegorodtzev R.M. *Sistemnaja jeffektivnost' predpriyatija: sushhnost', faktory, struktura* [Systemic business effectiveness: essence, factors, structure]. M.: VSEI. 2012. 152 p. (In Russ.).
9. Razymovsky V.A. [Investment projects efficiency analysis in interactive mode]. *Vooruzhenie. Politika. Konversija. – Armaments. Policy. Conversion*. M. 2003. vol. 4. pp.17–25. (In Russ.).
10. Reznikov B.A. *Sistemnyj analiz i metody sistemotekhniki. Chast' 1. Metodologija sistem-nyh issledovanij. Modelirovanie slozhnyh sistem* [System analysis and methods of System Engineering. Part 1. Methodology of system research. Complex systems modeling]. M. 1990. 645 p. (In Russ.).
11. Lysenko I.V. *Analiz i sintez slozhnyh tehnikeskikh sistem. Chast' 1. Analiz i sintez sistem obespechenija gotovnosti raket-nositelej i kosmicheskikh apparatov k zapusku (osnovy teorii)* [Analysis and Synthesis of complex technical systems. Part 1. Analysis and Synthesis of rocket launchers and spacecraft's readiness systems to the launch. (Fundamentals of the Theory)]. M. 1995. 365 p. (In Russ.).
12. Aslaksen E.W. *The System Concept and Its Application to Engineering*. Springer. 2013. 266 p
13. Geyda A.S., Ismailova Z.F., Klitnuy I.V., Lysenko I.V. [Operational and exchange properties of systems research problems.] *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2014. vol. 35. pp. 136–160. (In Russ.).
14. Geyda A.S., Lysenko I.V. [Research problems of socio-economical systems capabilities]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. vol. 10. 2009. pp. 63–84. (In Russ.).
15. Geyda A.S., Lysenko I.V. *Avtomatizacija reshenija zadach issledovanija potentsiala sistem i jeffektivnosti ih funkcionirovanija* [Automation of systems capabilities investigation and systems functioning effectiveness investigation problems solving]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2012. vol. 22. pp. 260–281. (In Russ.).
16. Kant I. *Kritika chistogo razuma* [Critique of the pure reason]. M. 1994. 591 p. (In Russ.).
17. *Systems engineering handbook. A “what to” guide for all SE practitioners*. Technical Report INCOSE-TP-2003-016-02. Version 2a. International Council Systems Engineering. 2004.
18. Downey A.B. *Think Complexity. Complexity Science and Computational Modeling*. O'Reilly Media. 2012.
19. Hybertson D.W. *Model-oriented systems engineering science: a unifying framework for traditional and complex systems*. Auerbach. 2009. 379 p.
20. Sudit E.F. *Effectiveness, Quality and Efficiency: A Management Oriented Approach*. Springer. 1996. 136 p.
21. *Guide to the System Engineering Body of Knowledge*. SEBoK v. 1.3.1. INCOSE. 2014.
22. Kossiakoff A., Sweet W., Seymour S., Biemer S. *Systems Engineering Principles and Practice*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2011. 560 p.

23. Schlenker L., Matcham A. The effective organization. The Nuts and Bolts of Business Value. John Wiley & Sons. 2005. 202 p.
24. Simpson J.J., Dagli C., Miller A. Development and Application of Abstract Relation Types for Use in Systems and System-of-Systems Design and Evaluation. Proceedings of Seventeenth Annual International Symposium of INCOSE. Systems Engineering: Key to Intelligent Enterprises. San Diego. California. 2007.
25. Simpson J.J., Simpson M.J. Formal, theoretical aspects of systems engineering. Systems Engineering. 2010. vol. 13. Issue 2. pp. 204–207.
26. Stevens R. Engineering Mega-Systems: The Challenge of Systems Engineering in the Information Age. CRC Press. C@ESE (Complex and enterprise Systems Engineering series). 2011. 256 p.
27. Taticch P. Business Performance Measurement and Management: New Contexts, Themes and Challenges. Springer Science & Business Media. 2010.
28. Coelli T.J., Prasada Rao D.S., O'Donnell C.J., Battese G.E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Springer. 2005. 357 p.
29. Wymore A.W. Model-Based Systems Engineering. CRC Press. 1993. 710 p.
30. Buravlev A.I., Gladyshevsky V.L. [Optimal resource allocation in the problems of program goal oriented planning of weapons and military equipment]. *Vooruzhenie i jekonomika – Weapons and Economy*. M. 2014. vol. 2(27). pp. 21-35. (In Russ.).
31. GOST 31278-2004. [Military and economical interstate cooperation of the community of independent states. Terms and definitions]. M.: StandartInform. 2006. (In Russ.).
32. Olivier J., Balestrini-Robinson S. Capability-Based System-of-Systems Approach in Support of Complex Naval Ship Design. 5th International Conference on Complex System Design & Management (CSD&M 2014). Paris, France: Center of Excellence on Systems Architecture, Management, Economy and Strategy (CESAMES). 2014. pp. 59–70.
33. JCIDS Manual. Manual for the operation of the joint capabilities integration and development system. US Department of Defense. Washington. DC. 2012.
34. Joint test and evaluation methodology (JTEM) program manager's handbook for testing in a joint environment. Office of the secretary of defense. Wash. DC. USA. 2009.
35. Elm J.P., Goldenson D.R., Emam K.E., Donatelli N., Neisa A. A Survey of Systems Engineering Effectiveness - Initial Results (with detailed survey response data). Pittsburgh. PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 2008. 288 p.
36. National Defense Industrial Association. Systems Engineering Division Practical Software and Systems Measurement Working Group Report. System Development Performance Measurement. NDIA. PSM. Washington, USA. 2011. 36 p.
37. Roedler G.J., Schimmoller R., Rhodes D., Jones C. (Eds). Systems engineering leading indicators guide. INCOSE Technical Product Number: INCOSE-TP-2005-001-03. Version 2.0. Massachusetts Institute of Technology. INCOSE and PSM. 2010. 146 p.
38. MIL-STD-499B (draft), military standard: system engineering management). USA department of Defense. 1993. 70 p.
39. Operation of the Joint Capabilities Integration and Development System. Chairman of the Joint Chiefs of Staff (CJCS). CJCS Manual 3170.01C Washington. DC. 2007.
40. Kuklys W. Amartya Sen's capability approach. Theoretical insights and empirical applications. Berlin New York: Springer.2005. 117 p.
41. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). Wiley. 1957. vol. 120. no. 3. pp. 253–290.
42. Fried H.O., Lovell C.A.K., Schmidt S.S. (Eds.) The measurement of productive efficiency. Techniques and Applications. Oxford university press. 1993.
43. Krivonozhko V.E. [Informal description of DEA technology]. *Bankovskie tehnologii – Banking technologies*. 2001. vol. 5. 19–28. (In Russ.).

44. *Jeftektivnost' tehničeskikh sistem. Pod red. V.F.Utkina, Ju.V. Krjučkov. Nadežhnost' i jeftektivnost' v tehnike. Spravočnik v 10-ti tomah. Pod red. akad. Avduevskogo V.S.i dr.* [Safety and Effectiveness in technics. Edited by V.F.Utkin, Ju.V. Krjučkov. Technical systems effectiveness. Reference encyclopedia in 10 vol. Edited by acad. Avduevskij V.S. et. al]. M. 1988. vol. 3. 328 p.
45. GOST. [GSI. Measurements Scales. Main definitions. MI 2365-96]. M. VNIIFTRI. 1996. 14 p. (In Russ.).
46. Abdel-Maksoud A. Abdel-Kader M. Non-Financial Performance Measures: a Cross-Countries Comparison. Non-Financial Performance Measurement and Management Practices in Manufacturing Firms: A Comparative International Analysis. Elsevier, Oxford. pp. 191–228.
47. Aslaksen E.W. Designing Complex Systems. Foundations of design in the functional domain. CRC Press. Complex and enterprise Systems Engineering series. Auerbach Publications. Boca Raton. FL. 2008. 176 p.
48. Neely A.D., Gregory M.J., Platts K.W. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. International Journal of Operations & Production Management. 1995. vol. 15. no. 4. pp. 80–116.
49. Färe R., Grosskopf S. New Directions: Efficiency and Productivity (Studies in Productivity and Efficiency). Kluwer Academic Publishers. London. 2005. 174 p.
50. Cokins G. Performance Management: Myth or Reality? Performance Management: Integrating Strategy Execution, Methodologies, Risk, and Analytics. Wiley. 2009. 274 p.
51. Cokins G. Why is Modeling Foundational to Performance Management? Dashboard inside newsletter. 2009.
52. *Glossarij terminov i opredelenij ITIL* [Glossary of the ITIL concepts and definitions]. Crown Copyright. 2011. 167 p. (In Russ.).
53. *COBIT 5. Biznes-model' po rukovodstvu i upravleniju IT na predpriyatii* [COBIT 5. Business-Model for management and control of enterprise IT]. ISACA. IL. 2012. 95 p. (In Russ.).
54. GOST 27000-2012. [Information technology. Security techniques. Information security management systems. Overview and vocabulary.] M. StandartInform. 2014. 17 p. (In Russ.).
55. Mandl U., Dierx A., Ilzkovitz F. The effectiveness and efficiency of public spending. European Economy economic papers. EU economic and financial affairs. 2008. vol. 301.

**Гейда Александр Сергеевич** — к-т техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории информационно-аналитических технологий в экономике, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: анализ и синтез организационно-технических, социально-экономических систем, оценивание эффективности их функционирования, потенциала организационно-технических и социально-экономических систем в условиях риска. Число научных публикаций — 121. [geida@ias.spb.su](mailto:geida@ias.spb.su); Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, 39; п.т.: +7812 3283257.

**Geida Alexander Sergeevich** — Ph.D., assistant professor, senior researcher, Laboratory for Information-Analytic Technologies for Economics, Institution of the Russian Academy of Sciences 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@ias.spb.su](mailto:geida@ias.spb.su); 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone: +7812 3283257.

**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. ismaizul@inbox.ru; проспект Мира, д. 55-А, г. Омск, 644077; р.т.: +7(3812)46-66.

**Ismailova Zolphia Flurovna** — assistant professor, 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. ismaizul@inbox.ru; prospect Mira, 55-A, Omsk, 644077, Russian federation; office phone: +7(3812)46-66.

**Клитный Игорь Владимирович** — научный сотрудник, главное управление 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. kligor2015@inbox.ru; 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178; 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. kligor2015@inbox.ru; 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, Санкт-Петербургский институт 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; 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178; 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, 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; 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.* **Отношения эффективности функционирования, потенциала систем и смежных операционных свойств.**

В статье рассмотрены особенности использования операционных свойств систем и их функционирования при исследованиях в разных областях науки. Описаны общие черты, особенности, перспективы исследования различных видов операционных свойств в теории эффективности целенаправленных процессов, теории потенциала систем, при решении задач системной инженерии, задач военной науки, в эконометрике.

Предложен общий подход к исследованию операционных свойств на основе прогнозирования соответствия характеристик эффектов характеристикам целей в разных условиях. Использование общего подхода на основе строящихся математических моделей проиллюстрировано на примере оценивания свойств потенциала системы и эффективности функционирования системы.

Показано, что использование предложенных общих подходов исследования операционных свойств на основе прогнозирования соответствия характеристик эффектов характеристикам целей в разных условиях, с использованием прогнозных математических моделей, должно позволить решать значительный спектр имеющихся и новых задач в разных областях.

Предложена шкала отношений порядка операционных свойств, позволяющая определить отношения между различными операционными свойствами на основе определения того, насколько полно передаются при исследовании этих свойств соответствия характеристик эффектов и целей функционирования. Сделан вывод о том, что комплексное исследование операционных свойств следует осуществлять так, чтобы исследовалась система соответствий характеристик результатов функционирования системы характеристикам целей и при этом, и функционирование, и цели рассматривались, как система.

## SUMMARY

### *Geida A.S., Ismailova Z.F., Klitnuy I.V., Lysenko I.V.* **Relations of Effectiveness of System Functioning, System Potential and Adjacent Operational Properties.**

The article considers features of the use of operational properties of systems and their functioning when conducting research in different areas of science. The general features, distinctions and prospects of using different types of operational properties in the theory of targeted processes efficiency, theories of system capability, as well as for solving problems of systems engineering, problems of military science and tasks of econometrics are also described. General approach for operational properties usage is offered. It is based on forecasting if characteristics of effects comply with characteristics of requirements under different conditions. The use of the general approach based on mathematical models under construction is illustrated by the example of the estimation of the properties of system capability and system functioning efficiency.

Offered general approaches of operational properties usage based on forecasting compliance between characteristics of effects and characteristics of requirements under different conditions, using mathematical models and information technologies, seem promising for solving a considerable range of current and new problems in different areas. A ratio scale of the order of operational properties is suggested allowing one to determine the relations between various operational properties. It reflects the level of compliance between characteristics of effects and purposes of functioning. It was concluded that research of operational properties should be carried out to investigate the system of compliance between the characteristics of the results of functioning of system and characteristics of requirements. At the same time, functioning and requirements should be considered as a system.