

**МЕТРИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ  
КАК ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ  
В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ОРУЖИЯ****METRICS OF THE COORDINATE INFORMATION SYSTEM  
AS RISK MANAGEMENT TOOLS IN THE DESIGN OF THE WEAPON SYSTEM***А.С. Афанасьев, Ю.Л. Вященко, чл.-корр. РАРАН К.М. Иванов**БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**A.S. Afanasyev, Yu.L. Vashchenko, K.M. Ivanov*

Рассматриваются вопросы привлечения информационно-системной методологии для задания требований к тактико-техническим характеристикам образца ракетно-артиллерийского вооружения на всех этапах жизненного цикла. Произведено описание метрик информационной системы координат и информационно-энтропийных шкал в управлении рисками при проектировании систем ракетно-артиллерийского вооружения. Показано, что информационно-системная методология, включающая представления об информационных системах координат, метриках, информационно-энтропийных шкалах и рисках, позволяет использовать оптимизационные алгоритмы при решении проектных задач разработки изделий.

**Ключевые слова:** жизненный цикл изделия, управление рисками, информационная система координат, информационно-энтропийные шкалы.

The problems of information system methodology application to set the requirements for the tactical and technical characteristics of a sample of rocket and artillery weapons at all stages of its life cycle are considered. The article describes the metrics of the coordinate information system and information-entropy scales in risk management in the design of missile and artillery weapons systems. It is shown that the information-system methodology, which includes ideas about information coordinate systems, metrics, information-entropy scales and risks, allows the use of optimization algorithms in solving design problems of product development.

**Keywords:** product life cycle, risk management, information coordinate system, information-entropy scales.

**Введение**

Задание требований к тактико-техническим характеристикам образца системы оружия (СО) перспективного вооружения в интервальном формате повышает точность, достоверность и объективность верификации их достижения. Вместе с тем интервальный формат, при его прогрессивности, обуславливает, в силу дуализма, «потенциал неопределенности», связанный с неоднознач-

ностью числового соотношения составляющих: значений границ доверительного интервала и доверительной вероятности.

Целесообразно привлечь информационно-системную методологию [1–5], позволяющую продуктивно действовать в описанной ситуации. Значимым при этом является использование представлений об информационной системе координат (ИСК), метриках и информационно-энтропийных шкалах.

### Информационная система координат как инструмент управления рисками

ИСК отслеживает динамику преобразования информационного образа проектируемого образца СО по этапам и стадиям жизненного цикла в любом сечении по временной координате в потоках проектирования конструкции, технологии и производства, логистики.

ИСК, при условности ее определения, характеризуется своими координатами и метриками. Известно, что определение метрик на множестве информационных систем или их элементов позволяет оперировать с ними как с элементами метрического пространства, используя соответствующий математический аппарат. При построении системы метрик появляется возможность рассчитать трудоемкость выполнения работ жизненного цикла, а следовательно, и стоимостные показатели.

Согласно ISO/IES 9126-1:2001, метрика (англ. metric) — определенный метод измерения и измерительная шкала [6]. Виды применяемых метрик и шкал достаточно разнообразны. Так, процессные метрики показывают эффективность работы внутренних процессов организации, связанной с информационными технологиями (ИТ).

У любого процесса есть вход и выход, он использует ресурсы и подвергается управляющим воздействиям (рис. 1). Метрики входа измеряют информационную «нагрузку» на процесс. Для управления процессом на нее нельзя влиять, а можно только реагировать. Метрики выхода, или результативности, показывают, насколько процесс достигает своей цели. Метрики ресурсов показывают «загрузку» и достаточность используемых ресурсов. Метрики управления показы-

вают, насколько эффективны управляющие воздействия.

Разложение метрик по четырем составляющим сопоставимо с классификацией метрик, предложенной в стандарте COBIT (Control Objectives for Information and related Technology [7]). Показатели результативности — метрики выхода, показатели рациональности — метрики ресурсов, зрелость процесса — метрика управляемости.

Очевидно, что, планируя целевые значения для различных метрик, следует балансировать их между собой.

Концепция стандарта предполагает построение механизмов управления ИТ, исходя из того, какая информация необходима для достижения бизнес-целей. Информация рассматривается как результат использования ресурсов, управление которыми осуществляется в рамках ИТ-процессов. Ресурсы включают в себя приложения, информацию (данные в любой форме), инфраструктуру, персонал.

Для достижения целей бизнеса информация должна удовлетворять определенным критериям, которые в стандарте COBIT называют бизнес-требованиями к информации.

Выделяют следующие бизнес-требования к информации, или информационные критерии: эффективность, рациональность, конфиденциальность, целостность, доступность, соответствие нормам и надежность информации. Механизмы управления включают в себя политики, организационные структуры, процедуры и регламенты. Задачей управления ИТ является формулировка желаемого результата или цели, которые должны быть достигнуты путем реализации механизмов управления в рамках конкретного ИТ-процесса. Основным преимуществом стандарта COBIT является его полнота, отчетливые практические рекомендации и инструменты, с помощью которых можно построить систему управления информационными технологиями и, в том числе эффективную систему управления рисками в ИТ.

Сложные информационные процессы управления рисками в проектировании СО, по сути, представляют собой реализации ИТ в приложениях к потокам проектирования (конструкции, технологии, производства, логистики). В связи с этим, целесообразно совмещение процессного представления ИТ со спецификой процессного

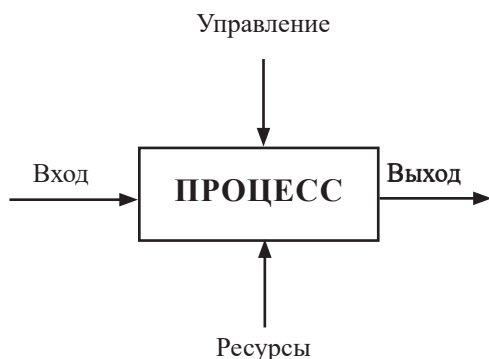


Рис. 1. Схема информационного процесса

моделирования реальных потоков выполнения проектных задач жизненного цикла изделий СО.

Наряду с тем, что ИТ характеризуются рассмотренными процессными метриками (входа, выхода, ресурсов, управляемости), требуется расширение используемой в стандарте СОВИТ классификации. Чтобы отразить специфику прикладных ИТ, следует ввести метрики, отражающие такие свойства процессов ИТ, как адекватность, точность, достоверность, воспроизводимость, информационная наследуемость. При этом перечисленные метрики должны рассматриваться с учетом как их вероятностной природы, так и динамики потоков проектирования [1, 2].

Кроме того, целесообразно, по аналогии с пониманием метрики в традиционных пространственных системах координат (в декартовой системе координат метрика — правило определения расстояния между двумя точками пространства), выделить метрику, отражающую основную смысловую характеристику ИСК. Такой метрикой в ИСК<sub>j</sub> является информационный коэффициент адекватности  $\eta_j, j=1, s$  ( $s$  — количество этапов разработки) — показатель степени соответствия достигаемого поэтапного результата разработки конечному облику изделия, полностью отвечающему требованиям ТТЗ ( $\eta_s=1$  — значение метрики адекватности на завершающем этапе разработки изделия).

Цикличность процесса создания изделия и изменения, связанные с переходом с одного проектного этапа на другой, обуславливают необходимость введения информационной системы координат (ИСК<sub>j</sub>,  $j=1, s$ ), привязанной к каждому этапу жизненного цикла (ЖЦ), к каждому проектному циклу.

Создание изделия происходит по параллельным «потокам» проектирования: проектирование системы и компонентов (К), проектирование технологии производства (ТП) и монтажа, проектирование процесса испытаний, обработки и эксплуатации (Э). Целесообразно рассматривать «горизонтальные» информационные связи между этапами и стадиями по каждому из параллельных «потоков» проектирования и, соответственно, «вертикальные» информационные связи между этапами и стадиями, относящимися к различным из параллельным «потокам». При подобном рассмотрении метрика адекватности  $\eta_j$  оказывается векторной характеристи-

кой  $\eta_{j\left\{\begin{smallmatrix} \text{К} \\ \text{ТП} \\ \text{Э} \end{smallmatrix}\right\}}^{\text{К}}$ , составляющими которой являются метрики адекватности по параллельным «потокам». Аналогично, как векторные объекты, должны рассматриваться сами (ИСК)<sub>j\left\{\begin{smallmatrix} \text{К} \\ \text{ТП} \\ \text{Э} \end{smallmatrix}\right\}}^{\text{К}} с соответствующими им метриками.</sub>

Метрики адекватности  $\eta_{j\text{К}}$ ,  $\eta_{j\text{ТП}}$ ,  $\eta_{j\text{Э}}$  отслеживают степень информационной согласованности исходных данных, алгоритмов, процедур принятия решений, результатов сопряженных  $j$ -го и  $(j+1)$ -го этапов жизненного цикла образца СО по параллельным «потокам» проектирования. Они позволяют оценивать и минимизировать риски, а также повышать эффективность проектных, технологических, организационных, логистических решений.

Наряду с метриками адекватности, характеризующими «горизонтальные» информационные связи, вводятся информационные показатели  $V_j$  и  $W_j$ , отражающие «вертикальные» информационные связи и соотношения. При этом метрика  $V_j, 0 \leq V_j \leq 1$ , выражает воспроизводимость на  $j$ -м этапе (стадии) производственно-технологического проектирования конструктивного облика изделия СО. Метрика  $W_j$  выражает воспроизводимость на  $j$ -м этапе (стадии) логистического проектирования конструктивного облика. При этом логистические решения характеризуют состояние образца СО в системе эксплуатации, обеспечивающей требуемый уровень значений системных показателей СО.

В информационных системах координат (ИСК)<sub>j\left\{\begin{smallmatrix} \text{К} \\ \text{ТП} \\ \text{Э} \end{smallmatrix}\right\}}^{\text{К}} метрики  $\eta_{j\left\{\begin{smallmatrix} \text{К} \\ \text{ТП} \\ \text{Э} \end{smallmatrix}\right\}}^{\text{К}}$  характеризуют степень приближения текущего состояния информационного описания изделия к его конечному облику в характерных точках перехода (контрольных точках) в каждом из параллельных потоков проектирования. Контролируется выполнение условий перехода с этапа на этап, связанное с проверкой требований ТТЗ к системным параметрам  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}, i=1, n$ . Осуществляется переход к очередному уровню генерирования и использования описания (представления) создаваемого и эксплуатируемого изделия с соответствующим перестроением информационной базы, алгоритмики, системы принятия решений. Выполнение требований  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ , в терминах процессных метрик, является выходом</sub>

процесса, результативной метрикой. Требования ТТЗ к системным параметрам заданы в интервальном формате:  $[СП_{ij}]$  — доверительный интервал,  $\gamma_{ij}$  — доверительная вероятность.

Интервальный формат, при его прогрессивности, обуславливает «потенциал неопределенности», связанный с неоднозначностью числового соотношения значений границ доверительного интервала и доверительной вероятности. В связи с этим целесообразно результативную метрику, представленную в интервальном формате, выразить в эквивалентном виде, но в одномерном формате  $I_{\text{вых}j}$ , исключая неоднозначность оценки. При этом востребованы показатели энтропийной информации, позволяющие однозначно определить результаты на «выходе» очередного этапа разработки образца СО.

### Информационно-энтропийные шкалы в управлении рисками при проектировании системы оружия

Показатели энтропийной информации, характеризующие данные на «выходе» очередного этапа  $I_{\text{вых}j}$  определяются на основе методов теории информации.

В качестве статистической процедуры оценивания информативности текущего проектного этапа, при известных значениях доверительного интервала и доверительной вероятности ( $[СП_j]$  и  $\gamma_j$ ), используется соотношение для определения различающей информации по Рипсу [1, 2, 8]:

$$I_{\text{вых}j} = \gamma_j \lg \frac{\gamma_j}{1 - \underline{СП}_j} + (1 - \gamma_j) \lg \frac{(1 - \gamma_j)}{\underline{СП}_j},$$

где  $\underline{СП}_j$  — нижняя граница доверительного интервала значений  $СП_j$  (например, показателя надежности, представленного как  $[\underline{ПН}_j, 1]$ );

$\gamma_j$  — доверительная вероятность.

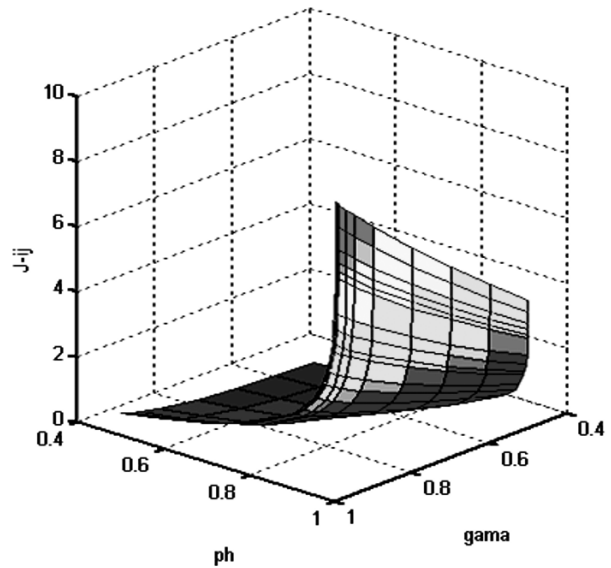


Рис. 2. График изменения информационной функции  $I_{\text{вых}j}$

Характер поведения информационной функции  $I_{\text{вых}j}$  в зависимости от значений  $\underline{ПН}$  и  $\gamma$  определяет динамику накопления информации в процессах потоков проектирования, изготовления и эксплуатации образца СО (рис. 2).

Формализуя информационно-системные свойства процесса создания изделия СО, как циклического информационного процесса, необходимо также определить информационные сопряжения последовательных циклов (последовательно реализуемых процессов) в «горизонтальных» потоках проектирования (рис. 3).

Метрики ресурсов  $I_{\text{вх}j}$  и  $I_{\text{вх}(j+1)}$ , показанные на рис. 3, определяются системным оператором  $L_j$  (инструментарием)  $j$ -го этапа разработки (стадии разработки) СО в потоках проектирования. Описываются в первую очередь поддерживающие информационные системы, системы построения электронного описания; методы, алгоритмы и системы расчетного анализа; методы и системы построения и анализа конструктивно-технологических решений; методы и

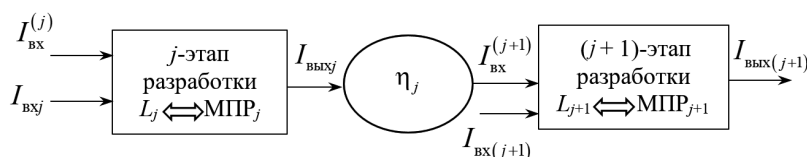


Рис. 3. Схема сопряжения последовательных циклов информационного процесса в «горизонтальных» потоках проектирования образца СО

системы принятия производственных решений; информационные системы планирования, анализа и оценки результатов испытаний.

Метриками управления в ИСК<sub>j</sub> следует рассматривать значения информационного коэффициента адекватности ( $\eta_j, j = \bar{1, s}$ ) — показателя степени соответствия достигаемого поэтапного результата разработки конечному облику изделия, полностью отвечающему требованиям ТТЗ. Значения  $\eta_j$  показывают, насколько процесс управляем, какова «зрелость» процесса. Результатом  $j$ -этапа разработки является модель проектного решения (МПР<sub>j</sub>) понимаемая в широком смысле. Это или информационное описание в ИСК<sub>j</sub> на этапах жизненного цикла и стадиях разработки образца СО (электронная модель и электронная документация, подлинники конструкторской и технологической документации, расчетные модели и результаты расчетов, оценки надежности), или макет, опытный образец, серийный образец и результаты их испытаний, отработки и эксплуатации.

Модель проектного решения МПР<sub>j</sub> также может пониматься как процессная метрика результативности, характеризующаяся следующими параметрами (рис. 4): ТТХ — тактико-технические характеристики создаваемого образца СО; [ТТХ] — допустимый интервал значений ТТХ; СП<sub>j</sub> — системная характеристика (показатель) изделия (показатели надежности, безопасности, безаварийности, рисков); [СП<sub>j</sub>] — допустимый интервал значений системных показателей (СП);  $\gamma_j$  — доверительная вероятность (показатель достоверности);  $T_j$  — продолжительность этапа;  $C_j$  — стоимость выполнения этапа;  $\eta_j, V_j, W_j$  — информационные коэффициенты адекватности, воспроизводимости, логистичности;  $[\eta_j], [T_j], [C_j], [V_j], [W_j]$  — их допустимые значения.

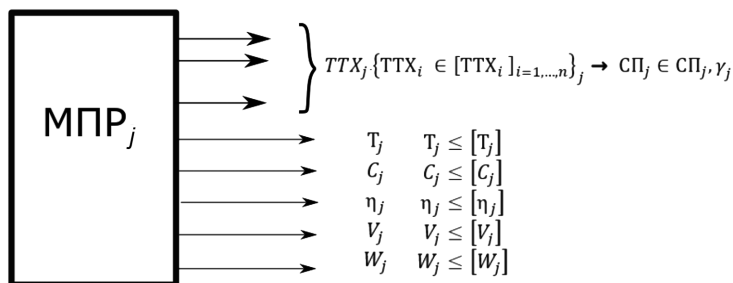


Рис. 4. Параметры модели проектного решения на  $j$ -м этапе жизненного цикла

Условие  $V_j \geq [V_j]$  требует согласования параметров конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) образца СО в подходах конструктора и технолога. Условие  $W_j \geq [W_j]$  требует согласования параметров системы эксплуатации образца СО.

Регламентные показатели  $\eta, T, C, V, W$  являются условиями выполнения требований СП<sub>j</sub>  $\in$  [СП<sub>j</sub>]  $\gamma_j$ :

$$\left( \begin{array}{l} \eta_j \leq [\eta_j] \\ T_j \leq [T_j] \\ C_j \leq [C_j] \\ V_j \geq [V_j] \\ W_j \geq [W_j] \end{array} \right) \gamma_j \cdot \quad (1)$$

Выражение (1) представляет условное событие, характеризующее достижение цели разработки, вероятность которого определяется при условии выполнения требований по продолжительности этапа  $T_j$ , стоимости  $C_j$ , адекватности  $\eta_j$ , технологической и производственной воспроизводимости  $V_j$ , логистичности  $W_j$ .

Схема сопряжения последовательных циклов информационного процесса разработки образца СО, все метрики и объекты этой схемы характеризуют информационную структуру процессов каждого из параллельных потоков проектирования системы и компонентов, технологии производства и монтажа, испытаний, эксплуатации и логистики.

Представляется правомерным предположение о том, что снижение ценности семантической информации, при операции переноса, состоит в изменении величины доверительной вероятности  $\gamma_{j \in \text{К}}^{\text{ТТЭ}}$  с учетом векторной структуры информационного критерия  $\eta_{j \in \text{К}}^{\text{ТТЭ}}$ .



После совершения операции переноса информации с  $j$ -го проектного этапа на вход  $(j+1)$ -го новое значение доверительной вероятности на входе в  $(j+1)$ -й оператор определяется следующим образом:  $\gamma_{i(j+1)}^{\text{вх}} = \eta_{j|\text{ТП}}^{\text{К}} \cdot \gamma_{ij|\text{ТП}}^{\text{К}}$ . При этом

правомерны тождества:

$$I_{\text{ввых}j} \equiv \left\{ \text{СП}_i \in [\text{СП}_i] \gamma_{ij|\text{ТП}}^{\text{К}}, i = \overline{1, n} \right\},$$

$$I_{\text{вх}}^{j+1} \equiv \left\{ \text{СП}_i \in [\text{СП}_i] \gamma_{i(j+1)}^{\text{вх}}, i = \overline{1, n} \right\}.$$

Таким образом,  $\gamma_{ij|\text{ТП}}^{\text{К}}$  — не только характеристика достоверности  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}]$ , но и информационное сопряжение между проектными циклами (стадиями разработки) через взаимодействие со шкалами адекватности  $\eta_{j|\text{ТП}}^{\text{К}}$  в параллельных потоках проектирования.

Показатели информации  $I_{\text{ввых}j|\text{ТП}}^{\text{К}}$  и  $I_{\text{вх}}^{(j+1)}|\text{ТП}^{\text{К}}$  принимаются как показатели векторной структуры со значениями, определяемыми по направлениям конструкторской ( $I_{\text{ввых}j|\text{К}}$  и  $I_{\text{вх}}^{(j+1)}|\text{К}$ ), технологической ( $I_{\text{ввых}j|\text{ТП}}$  и  $I_{\text{вх}}^{(j+1)}|\text{ТП}$ ) и логистической ( $I_{\text{ввых}j|\text{Э}}$  и  $I_{\text{вх}}^{(j+1)}|\text{Э}$ ) разработкам на соответствующих этапах (стадиях) жизненного цикла.

Цепь «этап разработки – СП-метод – алгоритм – данные» является системой, состоящей из номенклатуры СП, формы их задания (точечные показатели, интервальные показатели), характера задания количественных требований к ним, в том числе по надежности (ПН), алгоритма метода, используемого для оценивания действительных значений СП, состава и характера «переносной» с предшествующих этапов разработки информации об оцениваемых СП. Согласование перечисленных элементов с соответствующим этапом разработки изделия требует моделирования состояний изделия (работоспособное, неработоспособное) и событий (отказ, неисправность). С этой целью вводится информационная динамическая модель рисков (ИДМР) — комплексная метрика, выражающая эволюцию информационного содержания анализа и оценки рисков

по проектным стадиям и этапам потоков проектирования.

ИДМР, соответствующая  $j$ -му этапу разработки, представляет собой выражение

$$\text{ИДМР}_j = \left\{ \text{СП}_{ij} (i = \overline{1, n}); [\text{СП}_{ij}] \gamma; R_j; \left. \begin{array}{l} Q_j; f_{\mu_j}; I_{\text{вх}j}; I_{\text{вх}}^{(j)}; j = \overline{1, s} \end{array} \right\}.$$

Здесь  $\text{СП}_{ij} (i = \overline{1, n})$  — вектор СП, подлежащих расчету на  $j$ -м этапе разработки изделия;  $[\text{СП}_{ij}] \gamma$  — требования к значениям СП в виде интервалов допустимых значений с соответствующей доверительной вероятностью  $\gamma$ ;  $R_j$  — модель работоспособности изделия на  $j$ -м этапе разработки;  $Q_j$  — модель отказа изделия на  $j$ -м этапе;  $f_{\mu_j}$  — алгоритм метода  $\{\mu\}$  оценки СП $_{ij}$  на  $j$ -м этапе разработки;  $I_{\text{вх}j}$  — входная информация, используемая для оценки СП изделия на  $j$ -м этапе с требуемой точностью и достоверностью  $\gamma$ ;  $I_{\text{вх}}^{(j)}$  — входная информация, перенесенная с предшествующего проектного этапа ( $j-1$ ) на рассматриваемый  $j$ -й этап. Все объекты и параметры и сама ИДМР относятся к каждому из параллельных потоков проектирования системы и компонентов, технологии производства, процесса эксплуатации:  $(\text{ИДМР})_{j|\text{ТП}}^{\text{К}}$ .

Модель  $(\text{ИДМР})_{j|\text{ТП}}^{\text{К}}$ , как комплексная метрика, по своему назначению является центральным звеном информационно-системной модели процесса разработки СО заданного риска (надежности [9–11]). На ИДМР приходится основная нагрузка в координации анализа потенциальных рисков относительно целевой функции поэтапной разработки образца, в преобразовании входной информации в адекватные проектному этапу оценки СП разрабатываемой СО, в определении требований к инструментальной реализации информационно-системной модели в виде автоматизированной системы анализа и оценки рисков.

Все приведенные положения рассмотрены для системного объекта, каким является СО в целом. Они могут быть форматированы и применены по отношению к отдельным компонентам, элементам и процессам СО, элементам и процессам технологической подготовки производства, технологической и производственной

оснастки, испытаний, обработки и логистики, которые, в свою очередь, могут рассматриваться как системы соответствующего иерархического уровня со своими системными показателями СП.

$$\left. \begin{matrix} C_j \\ \eta_j \\ V_j \\ W_j \end{matrix} \right\} j = \overline{1, s} : \Rightarrow \left\{ \text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, s} \right\} : C_{\Sigma} \rightarrow \min, T_{\Sigma} \leq [T].$$

Оптимизационная задача вводит в качестве управлений и ограничений информационные критерии и показатели ( $\eta_j$ ;  $V_j$ ;  $W_j$ ;  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ ), ориентированные на представление о потенциальных рисках как недопустимых и неблагоприятных событиях:

– не выполняются условия по системным параметрам  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ ; по суммарной трудоемкости  $T_{\Sigma} \leq [T]$ ;

– не достигается условие  $C_{\Sigma} \rightarrow \min$  для суммарных затрат.

Управление состоит в варьировании значениями параметров  $\eta_j \in [0,1]$ ,  $V_{j\text{ТК}} \in [0,1]$ ,  $V_{j\text{ТП}} \in [0,1]$ ,  $W_j \in [0,1]$  с тенденцией  $\eta_j \rightarrow \max$ ,  $V_{j\text{ТК}} \rightarrow \max$ ,  $V_{j\text{ТП}} \rightarrow \max$ ,  $W_j \rightarrow \max$  на каждом из этапов проектирования изделия.

С целью обеспечения указанной тенденции управления динамикой изменения значений параметров ( $\eta_j$ ,  $V_{j\text{ТК}}$ ,  $V_{j\text{ТП}}$ ,  $W_j$ ) соответствующие решения принимаются уже на ранних этапах проектирования изделия, чтобы влиять на темпы оптимизации решения и минимизацию рисков.

На этапах разработки СО (этапы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ — НИОКР) в отношении  $\eta_j \rightarrow \max$  это эффективные решения по обоснованию конструкции изделия, соответствующей требованиям ТТЗ. Таковы инструменты анализа и оценки выполнения требований ТТЗ к системным показателям надежности, безопасности, безаварийности, заданным в интервальном формате в виде условий  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ , где доверительная вероятность  $\gamma_{ij}$  может рассматриваться в качестве меры риска невыполнения требований ТТЗ  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ .

На этапах конструкторско-технологической подготовки (КТП) и технологической подготовки производства (ТПП) в отношении  $V_{j\text{ТК}} \rightarrow \max$  это эффективные решения по технологичности

Представленные методологические положения позволяют рассматривать с информационно-системных позиций задачу разработки изделия СО как оптимизационную [1]:

конструкции изделия и технологиям производства.

В отношении  $W_j \rightarrow \max$  это эффективные методы, технологии и средства организации в условиях эксплуатации образца СО, обеспечивающие требуемый уровень значений системных показателей  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$ .

## Выводы

Информационно-системная методология стимулирует поиск и дает обоснование последовательности действий, направленных на повышение информативности, совершенствование технологии и ускорение процессов разработки образца СО по потокам проектирования при одновременном достижении точности и достоверности оценивания системных показателей СО.

Информационно-системная методология, включающая представления об информационных системах координат, метриках, информационно-энтропийных шкалах и рисках, позволяет использовать оптимизационные алгоритмы при решении проектных задач разработки образцов СО. При постановке оптимизационных задач может быть устранена неопределенность составляющих компонент граничных условий  $\text{СП}_{ij} \in [\text{СП}_{ij}] \gamma_{ij}$  путем перехода к одномерной результирующей метрике в виде шкалы энтропийной информации.

## Литература

1. Афанасьев А.С., Вященко Ю.Л., Иванов К.М. Информационно-системная и эвентологическая методология управления рисками изделий военного назначения в процессах жизненного цикла. Изд. 2-е, доп. — СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2019. 269 с.

2. Вященко Ю.Л., Афанасьев А.С., Иванов К.М., Матвеев С.А. Системная инженерия, риски, надежность в разработке и производстве изделий военного назначения. — СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2018. 570 с.

3. Матвеев С.А., Чернышов М.В. и др. Минимизация рисков космических аппаратов с крупногабаритными трансформируемыми бортовыми рефлекторами на основе информационно-системной методологии // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 4 (104). С. 81–87.

4. Шаламов А.С., Головин В.Я. Информационная система интегрированной логистической поддержки машиностроительной продукции // Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. — М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. С. 516–529.

5. Матвеев С.А., Игнатенко В.В. и др. Информационно-системная и эвентологическая методология управления рисками изделий специального назначения на этапах жизненного цикла // Вопросы радиоэлектроники. 2016. № 8. С. 6–11.

6. ГОСТ Р 56136-2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2015. 11 с.

7. Абрамов Б.М., Агарков В.Н., Артемьев М.М. CALS — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции в авиастроении. — М.: Изд-во МАИ, 2002. 670 с.

8. Рипс Я.А. Информационный аспект статистических оценок надежности // Автоматика и телемеханика. 1967. № 7. С. 140–150.

9. Вященко Ю.Л., Иванов К.М., Матвеев С.А. Оптимизация конструкций космических аппаратов при проектировании и отработке по параметрам надежности и рисков // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 4 (104). С. 61–67.

10. Анастасиади Г.П., Сильников М.В. Введение в проблему качества. — М.: Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 2001. 400 с.

11. Анастасиади Г.П., Окрепилов В.В., Сильников М.В. Управление качеством промышленной продукции. — СПб.: Наука, 2014. 412 с.