

## АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА

УДК 62

**Кулалаев А.В.**

Інтернаціональна технічна економічна компанія «ІнтерТЭК»

**Кулалаев В.В.**

Інтернаціональна технічна економічна компанія «ІнтерТЭК»

### ВВЕДЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*В работе представлен и разработан универсальный критерий оптимальных конструкторских решений (КОКР) при создании новых энергетических систем с повышенными энергетическими выходными параметрами с единицы массы системы. Разработан алгоритм расчетов критерия и приведен пример его применения. Введенный критерий может быть использован при разработке новых энергетических систем различного типа и промышленного назначения. Использование введенного критерия на этапе эскизного проектирования способствует получению принципиально новых, прорывных решений при конструировании энергетических систем. Анализ критерия позволяет определить запас энергетических характеристик, недополученных при применении стандартных конструкторских решений.*

**Ключевые слова:** критерий, оптимальное решение, параметр, энергетическая система, метод, логика, вероятность.

#### 1. Общие положения

Принятие решений любого ранга является одной из приоритетных проблем интеллектуальной деятельности современного человека. Подтверждением этому может служить большое число публикаций, связанных с рассматриваемой тематикой, ограниченный обзор можно найти в [1–11; 13–15]. В тоже время публикаций по исследованию проблем принятия оптимальных решений при техническом инженерном конструировании явно недостаточно, при этом не исключаются и некоторые креативные области деятельности [1; 2; 5; 6]. Развитие научно-технического прогресса невозможно без решения актуальной проблемы: выбор оптимальных конструкторских решений любого уровня при создании новых энергетических систем (далее – ЭС) различного назначения. Решение проблемы, по нашему мнению, лежит в поиске структуры специального универсального числового критерия оптимальных конструкторских решений (далее – КОКР) при создании новых ЭС, анализ которого может открыть новые, оптимальные научные и технические пути создания концепции ЭС с новыми техническими и физическими свойствами. Становится понятным, что поиск вида и структуры универсального

предусматривает применение методов математической статистики и формальной логики. Это связано с тем, что в конструкторской практике, по опыту создания новой техники, всегда должен использоваться аналог будущей ЭС с уже заданными техническими характеристиками, которые подвергаются всестороннему системному феноменологическому анализу – критике – синтезу в виде набора поля статистических данных уже созданных систем. Приведенные рассуждения позволяют сформулировать цель работы, которая заключается в разработке вида и состава специального универсального числового критерия оптимальных конструкторских решений при создании новых ЭС. Работа выполнена Интернациональной технической экономической компанией «ІнтерТЭК», г. Харьков (UA), в рамках международного проекта (Соединенные Штаты Америки (далее – США) – Украина) Р693 УНТЦ, г. Киев.

#### 2. Структура и состав универсального критерия оптимальных конструкторских решений

Оптимизация принятых конструктивных решений и определение структуры критерия  $K_{OKP}$  тесно связаны с набором и системным анализом большого статистического материала по мировым

аналогам разработанных ЭС различного назначения. Системный анализ должен основываться на применении законов формальной логики, переходящих в математическую логику, с подходами феноменологического метода и привлечением методов математической статистики [12]. Таким образом, на основании анализа собранных мировых статистических данных по разработкам ЭС определяется структура и состав предлагаемого нового критерия  $K_{OKP}$ . Для наглядности логических и математических выкладок создадим логическую модель построения критерия  $K_{OKP}$ , представленную на рис. 1.

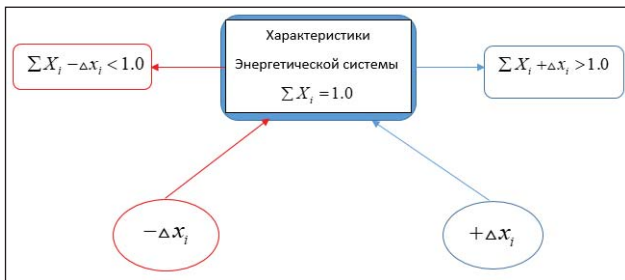


Рис. 1. Схема логической модели построения критерия  $K_{OKP}$  в общем виде

Допустим, что аналоговая ЭС обладает интегральной условной энергетической и массовой характеристикой  $\Sigma X_i = 1.0$ , тогда при внешнем условно интеллектуальном воздействии, например, конструктивном изменении ( $\Delta x_i$ ) составляющих агрегатов и узлов, при принятии новых конструктивных или технологических решений возможны (вероятностные) исходы:

1. Принятия неверных (неоптимальных) конструкторских решений ( $+\Delta x_i$ ), тогда интегральная характеристика ЭС приводится к виду  $\Sigma X_i + \Delta x_i > 1.0$ , т. е. состояние системы ухудшится по логической модели:

$$+\Delta x_i \Rightarrow \Sigma X_i + \Delta x_i > 1.0$$

2. Принятия верных (оптимальных) конструкторских решений

( $-\Delta x_i$ ), тогда интегральная характеристика ЭС приводится к виду  $\Sigma X_i - \Delta x_i < 1.0$ , т. е. состояние системы улучшится по логической модели:

$$-\Delta x_i \Rightarrow \Sigma X_i - \Delta x_i < 1.0$$

3. При  $\Delta x_i = 0$  соответственно  $\Sigma X_i = 1.0$ , энергетическое состояние системы не изменится, что приведет к непроизводительным затратам материальных средств.

Далее, следуя законам формальной логики: непротиворечивости, тождества, исключения третьего и закону достаточного основания (детальное применение указанных законов в терминах булевой алгебры в работе не приводится для

сокращения необходимых выкладок и для простоты понимания материала, что не отражается на качестве полученных результатов), можно записать следующие логические тождества:

$$\Sigma X_i \Rightarrow \prod_1^n \eta_i ;$$

$$\Sigma X_{io} \Rightarrow \prod_1^n \eta_{io} , \quad (1)$$

где  $\eta_i, \eta_{io}$  – КПД составляющих конструктивных узлов и агрегатов ЭС и её, выбранного на основании статистики, аналога соответственно;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – число агрегатов и конструктивных узлов в энергосистеме.

На основании зависимостей логических построений (1) получено соотношение вида:

$$\frac{\Sigma X_i}{\Sigma X_{io}} \Rightarrow \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{io}} \in [(1 <) - (\geq 1)] . \quad (2)$$

Применяя принцип тождественных аналогий на основании зависимости (2), получим соотношения, например, выходного усилия или мощности, разрабатываемой ЭС, к соответствующим параметрам аналога, близкого по энергетическим характеристикам, в таком виде:

$$\frac{P_i}{P_{oi}} \Rightarrow \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{io}} \in [(1 <) - (\geq 1)] , \quad (3)$$

где  $P_i, P_{oi}$  – энергетический параметр, заданный техническими условиями разработки новой ЭС и выбранного аналога на основании анализа данных набранной статистики выполненных конструкций.

Зависимость (3) можно преобразовать в другую форму, удобную для дальнейших исследований, на основании известных соотношений в общем виде для определения конкретных энергетических параметров ЭС. Анализ зависимостей (3) показывает, что при разработке ЭС, к которым относятся различные типы, например, ракетных и газотурбинных двигателей, повышение или понижение тяги вновь разрабатываемого двигателя может быть при значении произведения отношений КПД:

–  $\prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{io}} > 1.0$  – повышение энергетического параметра;

–  $\prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{io}} < 1.0$  – понижение энергетического параметра;

–  $\prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{io}} = 1.0$  энергетический параметр без изменений.

Таким образом, значения выходных энергетических параметров  $P_i$  вновь разрабатываемой ЭС (проектируемой) будет зависеть от выбора современных (передовых) технических решений

и технологий создания конструктивных узлов, агрегатов с повышенным КПД. Исследования изменения выходной энергии новой ЭС при эскизном проектировании за счёт принятия тех или иных технологических решений можно проводить по преобразованной формуле (3), которая будет использоваться для дальнейших построений искомого критерия в логической модели такого вида:

$$P_i = P_{oi} \cdot \Psi_p, \quad (4)$$

где  $\Psi_p = \prod_{i=1}^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}}$  – дискретная числовая функция изменения энергетического выходного параметра разрабатываемой ЭС за счёт принятых конструктивных и технологических решений (например, тип системы питания, компоновочная схема, адекватность расчётных математических моделей, уровень универсальности методик расчетов и др., зависящих от современного мирового технического уровня развития отрасли разработок ЭС заданного типа), принимающая рациональные, стационарные конечные значения в интервале  $1.0 \leq \Psi_p < 1.0$  на основании анализа статистики особенностей современных технологий, созданных аналогов ЭС.

Приведем пример использования предлагаемого метода первоначальной оценки величины тяги концептуально разрабатываемого жидкостного реактивного двигателя (далее – ЖРД) для дальнего космоса с некоторыми новыми свойствами. Известно, что полный интегральному КПД ЖРД на идеальных расчётных режимах орбитальной работы определяется соотношением:

$$\eta_{\Sigma}^m = \frac{\eta_i \cdot \left( \frac{C_{oi}}{W_c} \right)^2}{\exp \left\{ \frac{C_{oi}}{W_c} \right\} - 1}, \quad (5)$$

где  $\eta_i = f(W_c(\eta_i), H_{T_a})$  – термический КПД ЖРД как тепловой машины;  $W_c(\eta_i)$  – скорость истечения продуктов сгорания из сопла, которая зависит от совершенства конструкции узлов и агрегатов двигателя ( $\eta_i$ );  $H_{T_a}$  – теплотворная способность топлива, зависящая от коэффициента избытка окислителя при горении;  $C_o$  – скорость полета ракетносителя.

Для расчётов используем полный интегральный КПД ЖРД для дальнего космоса, зависимость (5). Допустим, что близкий аналог разрабатываемого ЖРД имеет искомый параметр  $\eta_{io} = 0.39$  и переменное отношение скоростей  $C_o / W_c = Var$ , тогда термический КПД создаваемого ЖРД после анализа параметров двигателя аналога принимает вид:

$$\eta_i = f(W_c(\eta_i), H_{T_a}) = \eta_{io} \cdot \Psi_p. \quad (6)$$

Полный интегральный КПД  $\eta_{\Sigma}^m$  изменяется согласно графикам, приведенным на рис. 2.

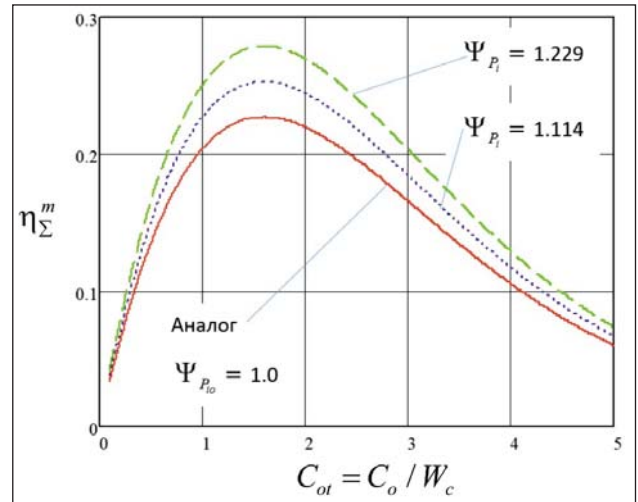


Рис. 2. Изменения полного интегрального КПД ЖРД, проектируемого и аналогового, в зависимости от соотношения скоростей

Анализ графиков рис. 2 показывает, что полный интегральный КПД ЖРД меняется в зависимости от соотношения скоростей полета ракетносителя и скорости истечения продуктов сгорания из сопла с максимумом. Это связано с тем, что скорость истечения продуктов сгорания  $W_c$  определена конечным значением теплотворной способности ракетного топлива  $H_{T_a}$  при теоретически неограниченном значении скорости полета  $C_o$ . С учётом того, что появилась возможность влиять на соотношения  $\Psi_p$ , выбранного в результате анализа конструкции аналогового образца ЖРД, например, за счёт изменения термического КПД двигателя (см. формулу (6)) путем подбора режима оптимального горения топлива за счёт подбора соответствующий системы КПД  $\eta_i$  нового двигателя, что в конечном итоге может приводить к увеличению базовой (заданной тяги) или к её уменьшению (3). Зависимость тяги проектируемого ЖРД от изменения соотношения выбранного полного интегрального КПД  $\eta_{\Sigma}^m = \frac{\eta_{\Sigma i}}{\eta_{\Sigma oi}^m}$  показана на графиках рис. 3. Анализ характера изменения базовой тяги, например,  $P_T^{(0)} \approx 111 \text{ кН}$ , который представлен на графике рис. 3, показывает, что при соотношении полных интегральных КПД  $\frac{\eta_{\Sigma i}^m}{\eta_{\Sigma oi}^m} = 0,43/0,35 = 1,229$  базовая тяга разрабатываемого ЖРД может быть увеличена на почти 23% и составит (см. формулу (4))  $P_T^{(0)} = 111 \cdot 1.229 \approx 136 \text{ кН}$  (показано стрелками на графике рис. 3), или уменьшена, что видно из графика.

Далее используем понятие коэффициента эффективности энергетической и массовой харак-

теристик ЭС (энерготдачи с одного кг массы конструкции) в виде:

$$K_{D_i} = \frac{P_i}{M_i} = P_i \cdot \left(\frac{1}{M_i}\right), \text{ кН/кг; кДж/кг, (7)}$$

где  $P_i$  – выходное усилие или энергия, в кН или кДж;  $M_i$  – масса ЭС в кг.

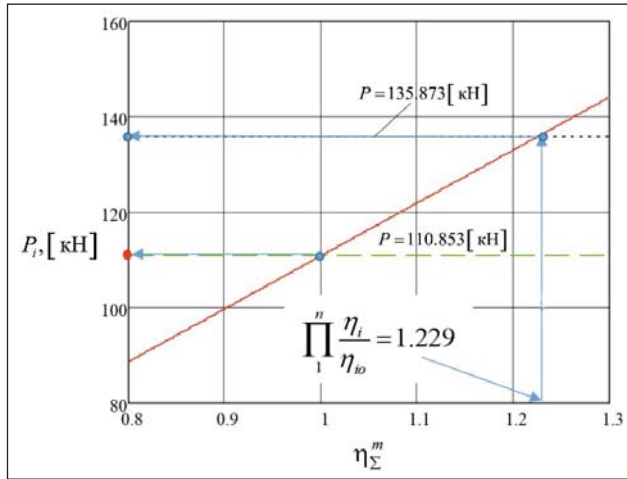


Рис. 3. Зависимость тяги проектируемого ЖРД от изменения соотношения выбранного полного КПД

$$\eta_{\Sigma}^m = \frac{\eta_{\Sigma i}^m}{\eta_{\Sigma oi}^m}$$

по сравнению с аналоговым двигателем,  
 $P_i = 110.853 \text{ кН}$  – условно принятая тяга  
ЖРД аналога

Как правило, величина  $K_{D_i}$  задана при проектировании в Техническом задании на разработку проекта ЭС. Таким образом, входящая в состав коэффициента величина  $P_i$  может быть исследована при первоначальном анализе и эскизном проектировании с использованием полученных зависимостей (3) и (4). Выше, на примере разработки ЖРД с новыми свойствами, показано, каким образом на этапе раннего эскизного проектирования можно исследовать величину  $P_i$  базовой ЭС на основании набора статистических данных аналоговой системы, формула (5).

Проведем исследование возможности изменения массы вновь создаваемой ЭС, введенной в формулу (7) в виде зависимости  $\left(\frac{1}{M_i}\right)$ , на основании обработки статистики конструктивных характеристик аналога ЭС. Отметим, что в математической логике важную роль играют понятия дедуктивной теории и исчисления. Под исчислением будем понимать совокупность правил вывода, позволяющих считать некоторые формулы выводимыми. Правила вывода подразделяются на два класса. Одни из них непосредственно квалифицируют некоторые формулы как выводимые. Такие правила вывода принято называть аксиомами. Другие же позволяют считать выводимыми формулы А,

синтаксически связанные некоторым заранее определенным способом с конечными наборами свойств системы, например,  $A_1, A_2, A_3$  выводимых формул. В данном случае применяем правило второго типа, которым является правило modus ponens: если выводимы формулы А и  $\rightarrow B$ , то выводима и формула В. Формула А в виде влияния численной дискретной функции изменения выходной энергии ЭС  $\Psi_p = \prod_{i=1}^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}}$  за счёт принятых конструктивных и технологических решений правомерно введена в зависимость (4). На основании дедуктивной теории введем понятие стационарной численной дискретной функции изменения массы разрабатываемой ЭС  $\Psi_M$ . Предположим, что принятые оптимальные конструктивные решения при создании аналоговой ЭС привели к массе системы  $M_{oi}$  с заданной вероятностью  $W_{oi}$ , полученной на основании обработки данных статистики, тогда правомерна логическая модель:

$$M_{oi} \Rightarrow 1 - W_{oi}, \quad (8)$$

где  $(1 - W_{oi})$  – величина, выражающая вероятность неиспользуемой возможности по уменьшению или получению оптимальной массы ЭС аналога при его разработке.

В зависимости (8) величина  $(1 - W_{oi})$  известна на основании обработки поля статистический данных конструкций ЭС аналогов. При этом правомерно принимаем, что величины вероятностей  $W_i$  и  $W_{oi}$  подчиняются нормальному закону распределения [12]. Далее по аналогии логической модели (8) можно записать логическую цепь вида:

$$M_i \Rightarrow 1 - W_i, \quad (9)$$

где  $(1 - W_i)$  – величина переменная, выражающая вероятность неиспользуемой возможности по получению оптимальной или заданной массы, вновь разрабатываемой ЭС.

При этом величина, выражающая вероятность неиспользуемой возможности по получению оптимальной массы ЭС ( $W_i$ ), может быть отлична от величины  $W_{oi}$  – предельного значения в большую сторону, т. е.  $W_i \geq W_{oi}$ , исходя из законов формальной логики: непротиворечивости, тождества, исключения третьего и закона достаточного основания.

На базе зависимостей (8) и (9) можно записать логические цепи:

$$\frac{1}{M_i} \Rightarrow \frac{1}{1 - W_i};$$

$$\frac{1}{M_{oi}} \Rightarrow \frac{1}{1 - W_{oi}}. \quad (10)$$

После преобразований соотношение (10) приводится к виду

$$\frac{1}{M_i} \Rightarrow \frac{1}{M_{oi}} \cdot \left(\frac{1 - W_{oi}}{1 - W_i}\right). \quad (11)$$

На основани зависимости (10) можно записать:

$$\Psi_M = \frac{M_{oi}}{M_i} \Rightarrow \left( \frac{1 - W_{oi}}{1 - W_i} \right) \geq 1.0, \quad (12)$$

где  $\Psi_M$  – стационарная числовая дискретная функция изменения массы, разрабатываемой ЭС при принятии вероятных оптимальных конструкторских и технологических решений.

Очевидно, что стационарная дискретная функция (12) изменения массы ЭС принимает значения  $\Psi_M \geq 1.0$ , которое определяется на основе обработки поля статистических данных по массе аналоговых ЭС. На основании полученных зависимостей (4) и (12) вводим интегральную численную параметрическую функцию принятия оптимальных конструкторских решений в виде:

$$\Psi_{OKP} = \Psi_M \cdot \Psi_P = \left( \frac{1 - W_{oi}}{1 - W_i} \right) \cdot \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}}. \quad (13)$$

Окончательно формируем вид и состав обобщающего критерия принятия оптимальных конструкторских и технологических решений при разработке новых ЭС с более высокими эксплуатационными характеристиками в виде:

$$K_{OKP} = K_{D_o} \cdot \Psi_{OKP} = K_{D_o} \cdot \left( \frac{1 - W_{oi}}{1 - W_i} \right) \cdot \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}} = \left( \frac{P_i}{M_i} \right) \cdot \left( \frac{1 - W_{oi}}{1 - W_i} \right) \cdot \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}}, \quad (14)$$

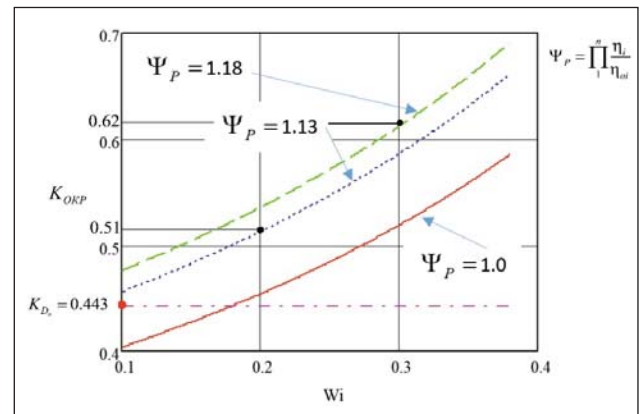
где  $K_{D_o} = \left( \frac{P_i}{M_i} \right)_o$  – коэффициент эффективности энергетической и массовой характеристик ЭС, заданный Техническим заданием на проектирование.

Критерий в виде (14) полностью отвечает общим требованиям критериальных величин, так как все входящие в состав критерия величины являются определяемыми, стационарными константами для заданных условий оптимизации принимаемых технологических и конструктивных решений при эскизном (начальном) проектировании ЭС с заданными выходными параметрами.

Приведем пример расчетов вариантов принятия возможных оптимальных конструкторских и технологических решений при создании новых ЭС с применением разработанного обобщенного критерия принятия оптимальных технологических и конструкторских решений  $K_{OKP}$  (14). Результаты расчетов представлены в виде графиков на рис. 4. Проведенный анализ графиков рис. 4 показывает, что принятия оптимальных конструкторских решений по массе ЭС с вероятностью  $W_i = 0,2$  при опорной вероятности  $W_{oi} = 0,18$  для аналоговой системы, при оптимальных технологических решениях  $\Psi_P = \eta_{pot} = \prod_1^n \frac{\eta_i}{\eta_{oi}} = 1,0$  уже получаем некоторое преимущество над условно принятым опорным коэффициентом, (см. нижнюю красную линию графика).

При  $W_i = 0,2$  и  $\eta_{pot} = 1,13$  критерий  $K_{OKP} = 0,51 > K_{D_o} = 0.443$ , т. е. конструктивно технологическое преимущество параметров разрабатываемой новой ЭС ожидается на уровне 15,1% за счёт уменьшения массы или возрастания величины выходной энергии при той же массе системы. При реализации оптимальных конструктивных решений ( $W_i = 0,3$ ) и технологических при  $\eta_{pot} = 1,18$  преимущество уже возрастает приблизительно на 40%. При этом следует проводить тщательную проработку полученных показателей с точки зрения технической реализуемости полученных преимуществ.

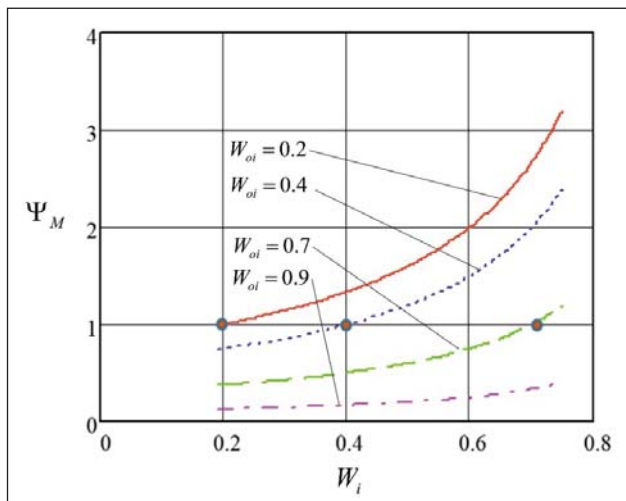
Дальнейший анализ графиков рис. 4 показывает, что при вероятности  $W_i < 0.18$ , т. е. меньшей, чем полученная статистическая опорная вероятность аналоговой ЭС  $W_{oi} = 0,18$  при  $\eta_{pot} = 1,0$  выходные параметры разрабатываемой ЭС становятся ниже заявленных в Техническом задании проекта (красная нижняя линия графика на рис. 4). Однако при вероятности принятия оптимальных конструктивных решений  $W_i \approx 0,27$  и  $\eta_{pot} = 1,0$  (красная нижняя линия графика) преимущество принятых технологических решений приводит к возрастанию выходных параметров разрабатываемой ЭС на 12,8%, а при  $\eta_{pot} = 1,13$  (средняя синяя линия графика) и той же вероятности принятия оптимальных конструктивных решений возрастание базовых параметров ЭС составит 26,4%.



**Рис. 4. Изменение обобщенного критерия принятия оптимальных технологических и конструкторских решений  $K_{OKP}$  в зависимости от принятия оптимальных конструктивных решений с переменной вероятностью  $W_i \geq W_{oi}$  по массе при создании ЭС с новыми выходными энергетическими параметрами относительно аналоговой системы,  $K_{D_o} = 0.443$  – опорный, заданный техническим заданием параметр**

На рис. 5 представлено изменение стационарной числовой дискретной функции  $\Psi_M$  изменения массы разрабатываемой ЭС при принятии опор-

ных переменных вероятных  $W_i$  оптимальных конструкторских и технологических решений и известной базовой вероятности  $W_{oi}$  для аналогов ЭС.



**Рис. 5.** Изменение стационарной числовой дискретной функции  $\Psi_M$  изменения массы разрабатываемой ЭС при принятии оптимальных конструкторских и технологических решений при опорной переменной вероятности  $W_i$  и известной базовой вероятности  $W_{oi}$

Из анализа графиков рис. 5 видно, что при изменении опорной базовой вероятности  $W_{oi} \in [0.2 - 0.9]$ , определяемой на базе обработки поля статистических данных аналогов ЭС, функция принимает значение  $\Psi_M \geq 1.0$  только в случаях  $W_i \geq W_{oi}$ . Это объясняется тем, что при разработке ЭС с новыми свойствами следует принимать более прогрессивные технологические и конструктивные решения с известной вероятностью, при которой стационарная числовая дискретная функция изменения массы ЭС принимает значения  $\Psi_M \geq 1.0$ .

### 3. Выводы

Введенный в работе обобщенный универсальный критерий принятия оптимальных технологических и конструкторских решений  $K_{OKP}$  позволяет проводить всестороннюю оптимизацию выходных энергетических и массовых характеристик, вновь создаваемых ЭС на стадии создания концепции и ранних стадиях эскизного проектирования ЭС различного назначения. Системный анализ введенного критерия позволяет определить новые оптимальные или рациональные научные и технические пути решения технологических и конструкторских задач при создании ЭС с новыми физическими свойствами.

### Список литературы:

1. Стрелец А., Фирсов В. Размерные расчеты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений. М.: Машиностроение, 1988. 122 с.
2. Балыбин В., Лунев В., Муромцев Д., Орлова Л. Принятие проектных решений: учебное пособие. Ч. 1. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 80 с.
3. Ногин В. Принятие решений при многих критериях: учебно-методическое пособие. СПб.: ЮТАС, 2007. 104 с.
4. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 217 с.
5. Ларичев О. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000. 314 с.
6. Лотов А. и др. Компьютер и поиск компромисса. Метод достижимых целей. М.: Наука, 1997. 389 с.
7. Подиновский В. Об относительной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. Многокритериальные задачи принятия решений. М.: Машиностроение, 1978. С. 48–82.
8. Розен В. Цель – оптимальность – решение. М.: Радио и связь, 1982. 315 с.
9. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. 298 с.
10. Saaty T. Multicriteria decision making. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. University of Pittsburgh, 1990.
11. Steuer R. Multiple criteria optimization: theory, computation and Application. J. Wiley & Sons Inc., N.Y.; Chichester; Brisbane; Toronto; Singapore, 1986 (Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения. Пер с англ. М.: Радиоисвязь. 1992. 413 с.).
12. Кобзарь А. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников. М.: Физматлит, 2006. 816 с.
13. URL: <http://fevt.ru/load/project/58-1-0-178> (дата обращения: 8.05.2017).
14. Основы теории принятия решений. URL: <http://b-i.narod.ru/sys.htm> (дата обращения: 25.06.2017).
15. Стрелец А., Фирсов В. Размерные расчеты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений. М.: Машиностроение, 1988. 122 с.

## **ВВЕДЕННЯ КРИТЕРІЮ ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

*У роботі представлений і розроблений універсальний критерій оптимальних конструкторських рішень (КОКР) для створення нових енергетичних систем із підвищеними енергетичними вихідними параметрами з одиниці маси системи. Розроблено алгоритм розрахунків критерію, наведено приклад його застосування. Введений критерій може бути використаний під час розроблення нових енергетичних систем різного типу і промислового призначення. Використання введеного критерію на етапі ескізного проектування сприяє отриманню принципово нових, проривних рішень у конструюванні енергетичних систем. Аналіз критерію дозволяє визначити запас енергетичних характеристик, недоотриманих в разі стандартних конструкторських рішень.*

**Ключові слова:** критерій, оптимальне рішення, параметр, енергетична система, метод, логіка, ймовірність.

## **ADOPTION OF THE CRITERION OF OPTIMAL DESIGN SOLUTIONS WHILE DEVELOPMENT OF THE ENERGY SYSTEMS**

*The paper presents the developed universal criterion of optimal design solutions (CODS) to be applied during development of new energy systems with the increased power output parameters from a system's unit mass. An algorithm for calculating the criterion was developed and an example of its application was presented. The introduced criterion can be used in course of development of new energy systems of various types and industrial applications. Adoption of the introduced criterion at the preliminary design stage contributes to obtaining the fundamentally new, breakthrough solutions in design of the energy systems. Analysis of the criterion allows to determine the reserve of power characteristics which cannot be obtained while using the standard design solutions.*

**Key words:** criterion, optimal solution, parameter, energy system, method, logic, probability.