

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

УДК 623.4

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Иванов Константин Михайлович, д.т.н., профессор, ректор, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: komdep@bstu.spb.su

Матвеев Станислав Алексеевич, к.т.н., проректор по научной работе и инновационно-коммуникационным технологиям, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: samatveev@bstu.spb.su

Киреев Олег Леонидович, к.т.н., доцент, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: kol_voenmeh@mail.ru

Игнатенко Виталий Владимирович, к.т.н., доцент, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: ignatenko_vv@mail.ru

Неизбежность инноваций в промышленности и производстве востребовала «переформатирование» традиционных теорий и практик разработки, конструкторско-технологической подготовки производства, испытаний, изготовления и эксплуатации изделий специального назначения. Обеспечение надежности и безопасности изделий специального назначения, минимизация их риска, приводят к постоянному компромиссу между конкурирующими факторами (надежность, стоимость, размеры и т.д.), которые приводят к постановке задачи многокритериального принятия решений. Статья посвящена анализу систем поддержки принятия решений, предназначенных для оптимизации процессов оценки целесообразности использования в задачах управления рисками на этапах жизненного цикла информационных показателей с позиций конструирования, технологической подготовки производства, логистики.

Ключевые слова: информационно-системная методология, риск, эвентология, жизненный цикл, надежность, безопасность, безаварийность, информационный показатель, конструирование, технологическая подготовка производства.

METHODOLOGICAL BASIS OF DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE TASKS OF RISK MANAGEMENT AT THE STAGES OF LIFE CYCLE PRODUCTS FOR SPECIAL PURPOSES

Ivanov Konstantin, Professor, doctor of engineering sciences, rector, Baltic state technical university «VOENMEH», 1st Krasnoarmeyskaya str., 1, 190005, St. Petersburg, e-mail: komdep@bstu.spb.su

Matveev Stanislav, Ph.D., vice-rector for research and innovation and communication technology, Baltic state technical university «VOENMEH», 1st Krasnoarmeyskaya str., 1, 190005, St. Petersburg, e-mail: samatveev@bstu.spb.su

Kireev Oleg, Ph.D., Associate Professor, Baltic state technical university «VOENMEH», 1st Krasnoarmeyskaya str., 1, 190005, St. Petersburg, e-mail: kol_voenmeh@mail.ru

Ignatenko Vitalii, Ph.D., Associate Professor, Baltic state technical university «VOENMEH», 1st Krasnoarmeyskaya str., 1, 190005, St. Petersburg, e-mail: ignatenko_vv@mail.ru

The inevitability of innovation in industry and the manufacture of peeled - Bova " reformatting " of the traditional theories and practices of development , design and technological preparation of production, testing , due prepara- tion and operation of products for special applications. Reliability and safety of products for military use and minimization of the risks lead to a permanent compromise between the competing factors (reliability, cost, size, etc.) that lead to the set of problem of mulri-criteria decision-making. This article analyzes the decision-making support systems designed to optimize the processes of assessing the feasibility of information indicators use in risk management problems on the stages of the life cycle from the standpoint of products design, technological preparation of production and logistics.

Keywords: information systems methodology, risk, eventology, life cycle, reliability, security, trouble-free, information index, products design, technological preparation of production

Общие положения

1. Информационно-системная методология управления рисками в процессах жизненного цикла сложных систем (с требованиями по рискам - надежности, заданными в формате интервальных оценок) универсальна и органично согласуется с положениями эвентологии.

2. Информационно-системная методология предлагает рассматривать изделие, как объект оценки и управления рисками, в его информационном развитии по этапам жизненного цикла. Отслеживается последовательное снятие неопределенности в информационном представлении (описании) изделия от начального описания (требования тактико-технического задания (ТТЗ)) до завершающего описания (изделие доработано, испытано и принято заказчиком).

3. Риски и эвентологическая триада.

Риски рассматриваются как возможные потери, связанные с надежностью (безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью), безопасностью, безаварийностью при эксплуатации изделий специального назначения.

Управлять рисками означает исключить потери, связанные с рисками, что, в свою очередь, означает обеспечить надежность, безопасность, безаварийность в соответствии с требованиями ТТЗ, обеспечить принятие эффективных конструкторско-технологических решений.

Информационно-системные теория и практика управления рисками ориентированы на использование информационных мер и шкал неопределенности, неорганизованности, упорядоченности, информативности, адекватности, достоверности процессов жизненного цикла изделий, а также эвентологических мер доверия и правдоподобия.

Риск – это следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей [1].

Наука о рисках. Основные параметры, которые подлежат научному исследованию:

- вероятности рисков и их последствия (убытки, ущерб) – *анализ*;
- поведенческие сценарии мероприятий по снижению риска – *синтез*.

Неопределённость в управлении рисками. Влияние неопределенности на цели организации определяется как «риск» [2]. Поэтому неопределённость является одним из важных факторов, влияющих на вероятность рискового события и возможный ущерб.

Неопределённость рассматривается в разных качествах:

- как мера информации, отражающая состояние системы по отношению к «идеальным условиям», когда знание полностью детерминировано;
- как возможность выбора альтернатив и множественность данного выбора (вариативность выбора), определяющие качество информации (достоверность, полнота, ценность, актуальность, ясность);
- как атрибутивный источник (и фактор) риска, предполагающий неоднозначность реализации событий, порождаемую факторами неизвестной природы.

- как естественный ограничитель управляемости и стабильности организационно-экономической системы.

Энтропия является параметром оценки неопределенности в организационно-экономической системе.

В эвентологии используется понятие, выражающее основополагающий принцип в эвентологии, в соответствии с которым любое событие $x \subseteq \Omega$ обладает двумя неотъемлемыми свойствами: вероятностью $P(x)$ и ценностью $V(x)$, образующими вместе с самим событием $(x, P(x), V(x))$, $x \in \mathcal{X}$ так называемую эвентологическую триаду. Эвентологическая триада напрямую соотносится с определением риска по стандарту.

4. Информационно-системная методология в качестве основных методологических положений вводит аксиоматику, информационно-системную модель процессов жизненного цикла, информационную динамическую модель рисков, модели проектных решений, информационные системы координат, постановку оптимизационной задачи рисков (надежности) 2-го рода (задача оптимального распределения ресурсов по этапам жизненного цикла изделия заданных рисков).

Здесь:

- аксиоматика – положения в отношении целей функционирования системы, воздействий управления, показателей ценности информации управления и входной информации, операторов преобразования входной информации, операторов преобразования производимых затрат, информационных критериев и информационных показателей;
- информационно-системная модель процессов жизненного цикла – операторная модель преобразования информационных потоков по этапам жизненного цикла;
- информационная динамическая модель рисков – структурно-логическая вероятностная модель рисков изделия по этапам жизненного цикла;
- модель проектного решения – результат этапного проектирования (конструирования, технологической подготовки, производства, логистики);
- информационная система координат – условная система координат этапа жизненного цикла, определяемая значениями информационных критериев и моделью проектного решения данного этапа;
- оптимизационная задача рисков (надежности) 2-го рода - задача оптимального распределения ресурсов по этапам жизненного цикла изделия заданных рисков.

5. На каждом этапе жизненного цикла анализируется содержание и взаимодействие поиска конструкторских, технологических и логистических решений с точки зрения управления (минимизации) рисками .

6. Задачи, решаемые с использованием информационно-системной методологии.

Общие задачи:

- управление рисками по этапам жизненного цикла с целью минимизации рисков;
- повышение эффективности процессов жизненного цикла;
- оптимизационная задача рисков (надежности) 2-го рода.

Частные задачи:

- согласование процессов конструкторско-технологической, производственно-технологической и логистической подготовки по этапам жизненного цикла;
- оптимизация затрат по этапам жизненного цикла;
- ускорение процессов жизненного цикла;
- сокращение информационных «разрывов» при переходах по этапам жизненного цикла;
- повышение адекватности и достоверности решений по этапам жизненного цикла;
- анализ доверия и правдоподобия экспертных решений.

7. В пунктах 1 – 6 используются информационные и эвентологические критерии, меры и шкалы в анализе и управлении рисками в процессах жизненного цикла:

- показатели неорганизованности и неупорядоченности проектирующей системы, которые полностью раскрывают представление о рисках:

$$\bar{O}_j = \bigcup_{i=1}^n \alpha_{ij} \bigcup_{v=1}^m P_{ijv} \Psi(\Delta СП_{ijv} \cup \Delta \gamma),$$

где событие $(\Delta СП_{ijv} \cup \Delta \gamma)$ является мерой неупорядоченности функционирования системы проектирования по i -му системному показателю и одновременно является событием риска; P_{ijv} - вероятность v -го состояния рассогласования $\Delta СП_{ij}$ или доверительной вероятности $\Delta \gamma$; α_{ij} - весовые коэффициенты системных показателей, $\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} = 1$.

Функция $\Psi(\Delta СП_{ijv} \cup \Delta \gamma)$ отражает связь $(\Delta СП_{ijv} \cup \Delta \gamma)$ и ущербов $E_v(СП_{ij} \cup \Delta \gamma)$. В основе определения функции Ψ лежит понимание ущерба $E_v(СП_{ij} \cup \Delta \gamma)$ как показателя, производного от традиционных критериев эффективности. При этом используются критерии типа «эффективность – стоимость», отражающие, согласно постулатам исследования операций, необходимость сближения действительных значений показателей эффективности (\mathcal{E}) с требуемыми значениями (\mathcal{E}_{mp}) при одновременном непревышении затрат на разработку изделия (C) заданным значением C_{don} или при более сильной формулировке - минимизации затрат: $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{mp}, C \leq C_{don} (C \rightarrow \min)$. При таком понимании критериев эффективности показатель ущерба должен восприниматься как мера несоответствия по любой из компонент \mathcal{E}, C или по обеим одновременно. Таким образом, неорганизованность функционирования системы создания образца на j -м цикле разработки в отношении i -й цели \bar{O}_{ij} является величиной тяжести ущерба, обобщённой по ансамблю неупорядоченности, и является ценой риска;

- показатели энтропийной информации, показатели ценности информации, адекватности, достоверности, технологической и производственной воспроизводимости, логистичности;
- эвентологические показатели доверия и правдоподобия.

8. В качестве базовых методологических положений с информационно-системных позиций рассматривается задача разработки изделия как оптимизационная задача 2-го рода:

$$\bar{O} \rightarrow 0; C_{\Sigma} \rightarrow \min, T_{\Sigma} \leq [T],$$

которая приводится к виду:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_j \\ \eta_j \\ V_j \\ W_j \end{array} \right\} \Rightarrow C_{\Sigma} \rightarrow \min \\ СП_{ij} \in [СП_{ij}] \gamma_{ij}; T_{\Sigma} \leq [T].$$

В предлагаемой формулировке оптимизационная задача вводит в качестве управлений и ограничений информационные критерии и показатели $(\eta_j; V_j = V_{jTK} \cdot V_{jTP}; W_j \text{ } СП_{ij} \in [СП_{ij}] \gamma_{ij})$, ориентированные на представление о потенциальных рисках, как недопустимых и неблагоприятных событиях:

- не выполняются условия $СП_{ij} \notin [СП_{ij}] \gamma_{ij}; T_{\Sigma} \leq [T]$;
- не достигается $C_{\Sigma} \rightarrow \min$.

В задаче 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 j -х этапах проектирования изделия.

С целью обеспечения указанной тенденции управления динамикой изменения значений параметров (η_j , $V_{j\text{ТК}}$, $V_{j\text{ТП}}$, W_j) уже на ранних этапах проектирования изделия используются соответствующие средства, чтобы влиять на темпы достижения *opt*-решения и минимизацию рисков.

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

На этапах конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) и технологической подготовки производства (ТПП) в отношении $V_{j\text{ТК}} \rightarrow \max$, $V_{j\text{ТП}} \rightarrow \max$ это является эффективными решениями по технологичности конструкции изделия и технологиям производства. Это инструменты анализа и локализации потенциальных ошибок (рисков) в отношении невыполнения условий $СП_{ij} \notin [СП_{ij}] \gamma_{ij}$, $C_\Sigma \rightarrow \min$, $T_\Sigma \leq [T]$.

На этапах НИОКР, КТПП и ТПП в отношении $W_j \rightarrow \max$ это является эффективными решениями по технологиям логистики изделия.

9. В пунктах 1 – 8 используются методы оценки рисков, рассматриваемых в традиционном и эвентологическом смысле.

Для конкретного изделия необходим переход от универсальных положений информационно-системной методологии к положениям, адаптированным специфике конкретного изделия как объекта управления рисками.

Эвентологические оценки в управлении рисками изделий на этапах жизненного цикла.

В эвентологии присутствует математический аппарат, являющийся основой для новых методов анализа надежности и риска, учитывающих неполноту, неточность и ненадежность статистической и экспертной информации [4].

Обеспечение надежности и безопасности сложных систем, минимизация их риска – это постоянный компромисс между конкурирующими факторами (надежностью, стоимостью, размерами и т.д.), которые приводят к постановке задачи многокритериального принятия решений. Стандартные методы комбинирования оценок могут привести к выбору неоптимального варианта обеспечения надежности и безопасности в плане минимизации рисков. Поэтому появляются методы для сужения множества Парето при различных неточных и групповых экспертных оценках, которые основаны не на комбинировании критериев, а на сужении пространства весов критериев в результате обработки и использования экспертных оценок и статистической информации. Типичны случаи, когда эксперты не могут дать точные оценки, а описывают свои предпочтения в виде подмножеств критериев или альтернатив. Новые методы многокритериального принятия решений и анализа риска при обеспечении надежности и безопасности сложных систем отличаются от существующих принятием «осторожных» решений, не использующих какие-либо методы комбинирования критериальных оценок, и более строгим анализом альтернатив при различных неточных и групповых экспертных оценках.

Одним из активно используемых в эвентологии инструментальных средств является теория свидетельств Демпстера-Шейфера (ТСДШ), с помощью которой обрабатываются и

классифицируются данные в условиях частичного незнания, а также обеспечивает простой механизм комплексирования данных с помощью так называемого комбинационного правила Демпстера. Методы обработки данных, основанные на ТСДШ, находят все большее распространение в задачах классификации данных, принятия решений, оценивания рисков и тому подобное.

Отличительной особенностью ТСДШ является возможность математического описания состояний неопределенности, а основанием является неклассическая идея «основной массы вероятности» как альтернатива традиционной вероятности. ТСДШ не требует выдвижения предположений о вероятности отдельных элементов множества или интервала. Вместо этого появляется возможность принятия решений при неполной или неопределенной информации.

Основная масса вероятности отражает начальное знание о системе, включая ее неопределенные состояния. Значение основной массы вероятности, обозначаемое m , является основной мерой, характеризующей доверие гипотезы:

$$\begin{cases} m(\emptyset) = 0 \\ \sum m(A) = 1 \\ A \in P(X) \end{cases}$$

где \emptyset – пустое множество; A – гипотеза или множество; масса $m(A)$ элемента показательного множества A , выражающего соотношение всех уместных и доступных свидетельств, которые поддерживают утверждение, что определенный элемент X принадлежит A , но не принадлежит ни одному подмножеству A . Величина $m(A)$ относится только к множеству A и не создает никаких дополнительных утверждений о других подмножествах A , каждое из которых, по определению, имеет свою собственную массу.

Исходя из приписанных масс, могут быть определены верхняя и нижняя границы интервала возможностей. Этот интервал содержит точную величину вероятности рассматриваемого подмножества (в классическом смысле), и ограничен двумя неаддитивными непрерывными мерами, называемыми доверием (*belief*) и правдоподобием (*plausibility*):

$$bel(A) \leq P(A) \leq pl(A).$$

Доверие $bel(A)$ к множеству A определяется как сумма всех масс собственных подмножеств рассматриваемого множества:

$$bel(A) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B).$$

Правдоподобие $pl(A)$ — это сумма масс всех множеств B , пересекающихся с рассматриваемым множеством A :

$$pl(A) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B).$$

Эти две меры соотносятся между собой следующим образом:

$$pl(A) = 1 - bel(\bar{A}).$$

Достаточно знать хотя бы одну из мер (массу, доверие или правдоподобие), чтобы вычислить оставшиеся две.

Меры доверия для каждого оцениваемого состояния (с помощью нескольких источников свидетельств, нескольких экспертиз) определяются в ТСДШ в соответствии с правилом Демпстера:

– для двух-экспертной системы:

$$m^{1,2}(C) = \frac{\sum_{A \cap B = C \neq \emptyset} m^1(A)m^2(B)}{1 - k}; \quad k = \sum_{A \cap B = \emptyset} m^1(A)m^2(B),$$

– для трех-экспертной системы:

$$m^{1,2,3}(D) = \frac{\sum_{A \cap B \cap C = D \neq \emptyset} m^1(A)m^2(B)m^3(C)}{1-k}; \quad k = \sum_{A \cap B \cap C = \emptyset} m^1(A)m^2(B)m^3(C),$$

где C – пересечение состояний A и B в уравнении, D – пересечение A , B и C ; $m^{1,2}(C)$ – новая оценка, полученная после обработки оценки $m^1(A)$, полученной сенсором 1, и оценки $m^2(B)$, полученной сенсором 2. Аналогично в формуле $m^{1,2,3}(D)$ – новая оценка, полученная из оценок $m^1(A)$, $m^2(B)$ и $m^3(C)$ сенсоров 1, 2 и 3 соответственно.

Правило для N -экспертной системы:

$$m^{1,2,\dots,N}(D) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_N = D \neq \emptyset} \prod_{1 \leq i \leq N} m^i(A_i)}{1-k}; \quad k = \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_N = \emptyset} \prod_{1 \leq i \leq N} m^i(A_i).$$

Здесь k является мерой конфликта между N наборами масс. Нормализующий множитель $1-k$ соответствует полному игнорированию несоответствий и приписыванию любой массе, соответствующей конфликту, пустого множества.

Для применения правила Демпстера требуется провести процедуру присваивания значений основной массы вероятности решениям при экспертизах, проводимых в N -экспертной системе.

Пример эвентологической оценки

Можно на основе ТСДШ дать оценку целесообразности использования в задачах управления рисками на этапах жизненного цикла информационных показателей (η , V , W) с позиций конструирования, технологической подготовки производства, логистики. Такая оценка способна учитывать возможные «конфликты» профессиональных интересов в отношениях конструктор – технолог – логистик.

Пример. задается множество X анализируемых элементов (событий), требующих высказывания экспертов:

$$\eta, V, W, \eta V, \eta W, VW, \eta VW,$$

составляющих «полную группу несовместных событий». Между этими элементами каждым экспертом распределяется единичная масса вероятностей:

конструктор: $m(A) = (0,5; 0,1; 0,01; 0,3; 0,05; 0,01; 0,03),$

технолог: $m(B) = (0,2; 0,4; 0,1; 0,01; 0,01; 0,02; 0,08),$

логистик: $m(C) = (0,1; 0,1; 0,6; 0,05; 0,15; 0,0; 0,0),$

где $m(A)$, $m(B)$, $m(C)$ – функции (распределения масс уверенности), которые задают отображение $A(B,C)$ на интервал $[0,1]$.

По приведенным данным определяются значения нижних (степень доверия) и верхних (степень правдоподобия) границ интервалов точных значений вероятностей.

$$bel(A) = (0,5; 0,1; 0,01; 0,9; 0,59; 0,15; 1,0)$$

$$pl(A) = (0,88; 0,35; 0,1; 0,96; 0,9; 0,5; 1,0)$$

$$bel(B) = (0,2; 0,4; 0,1; 0,69; 0,39; 0,78; 1,0)$$

$$pl(B) = (0,49; 0,69; 0,39; 0,9; 0,6; 0,8; 1,0)$$

$$bel(C) = (0,1; 0,1; 0,6; 0,25; 0,7; 0,7; 1,0)$$

$$pl(C) = (0,3; 0,15; 0,75; 0,4; 0,9; 0,9; 1,0)$$

Руководствуясь правилом Демпстера, для трех-экспертной системы определяются меры доверия для каждого оцениваемого состояния (η , V , W , ηV , ηW , VW , ηVW) с помощью трех источников свидетельств (конструктор – технолог – логистик) в согласованном варианте $D = (A + B + C)$.

Значения масс вероятности:

$$m(D) = (0,05; 0,0048; 0,00225; 0,118; 0,022; 0,0075; 0,03).$$

Значения нижних (степень доверия) и верхних (степень правдоподобия) границ интервалов точных значений вероятностей составляют:

$$bel(D) = (0,05; 0,0048; 0,00225; 0,1728; 0,07425; 0,05775; 1,0),$$

$$pl(D) = (0,98545; 0,97075; 0,8272; 0,99875; 0,9952; 0,95; 1,0).$$

Выводы

1. Приведен анализ информационно-системных и эвентологических методологий управления рисками изделий специального назначения на этапах жизненного цикла, способствующих принятию рациональных и эффективных конструкторско-технологических решений с точки зрения управления (минимизации) рисками.

2. На основе теории свидетельств Демпстера-Шейфера приведена оценка целесообразности использования в задачах управления рисками на этапах жизненного цикла информационных показателей с позиций конструирования, технологической подготовки производства, логистики.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51897-2011 Менеджмент риска. Термины и определения (дата введения в действие 01.12.2012).
2. ИСО 31000:2009 Менеджмент риска. Принципы и руководство.
3. Афанасьев А.С., Вященко Ю.Л., Иванов К.М., Матвеев С.А. Управление рисками изделий военного назначения на основе информационно-системного подхода. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2015
4. Труды V Всероссийской конференции по финансово-актуарной математике и смежным вопросам / под ред. О. Воробьева. - Ин-т вычислит. моделирования Краснояр. гос. ун-та, Краснояр. гос. торгово-эконом. ин-т; Сиб. ин-т бизнеса, управления и психологии. - Красноярск: Гротеск, 2006. - Ч. 1, 2.

УДК 681.5.01

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Оморов Туратбек Турсунбекович, д.т.н., проф., КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан

*Сартов Таштанбай Эсеневич, к.т.н., доцент, КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044,
г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: ste-61@mail.ru*

*Джолдошев Бекболот Оморович, д.т.н., проф. КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044,
г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: bekbolot2009@yandex.ru*

*Темиркулова Наргис Темиркуловна, преп., КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044,
г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: nakush@mail.ru*

*Токтоналиева Диана Эркиновна, магистр КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044,
г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: artemida.alima@mfil.ru*

Цель статьи - разработка метода синтеза управляющего устройства гидроагрегата современными методами систем управления. Приводится постановка задачи синтеза. Предложен метод синтеза управляющего устройства, обеспечивающие прямые требования к качеству процессов управления. Синтезированная система автоматического управления (САУ) по предложенному алгоритму (закону) управления является наиболее приемлемой и преимуществом САУ подтверждаются результатами их моделирования.