

# АЛГОРИТМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ИСТОЧНИКАХ ИЗЛУЧЕНИЯ.

## Часть 1. Световое излучение

**Будкин Ю.В.**, д-р техн. наук, проф., ФГБУ «РСТ»

**Фролов В.А.**, д-р техн. наук, проф., ФГБУ «РСТ»

**Анисимов Н.Р.**, канд. физ.-мат. наук, ФГБУ «РСТ»

**Федоров С.А.**, канд. техн. наук, доцент НИУ МАИ

*В статье представлены результаты интеллектуального анализа сообщений об ошибках в функционировании светолучевых устройств и установлению требований к алгоритмам искусственного интеллекта в естественных источниках излучения в области поддержки принятия решения.*

*На стадии проектирования и изготовления оборудования разработчик принимает решение о выборе энергетических параметров светолучевого устройства, используя типовые сообщения об ошибках из справочника, сформированные на основе сгруппированных данных.*

*На стадии эксплуатации технолог оборудования принимает решение о подборе энергетических параметров светолучевого устройства на основе собранной статистической информации о наличии ошибок (дефектов) в технологическом процессе и классификации типовых сообщений об ошибках, их ранжирование по уровню влияния на конкретный технологический процесс.*

*Сообщения об ошибках при подборе энергетических параметров светолучевого устройства подвергаются обработке: сначала они группируются, в результате чего выявляются типовые сообщения. Затем выделяются классы типовых ошибок, и проводится классификация типовых сообщений об энергетических параметрах светолучевого устройства. На основе проведенных исследований разработаны стандарты в области искусственного интеллекта для светолучевых устройств, работающих как в непрерывном, так и в импульсном режимах.*

**Ключевые слова:** алгоритм искусственного интеллекта, светолучевое устройство, энергетические параметры и характеристики.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разрабатываются стандарты, являющиеся первыми в комплексе стандартов по установлению требований к алгоритмам искусственного интеллекта в естественных источниках излучения в области поддержки принятия решения [1–5]:

- о возможном выборе энергетических параметров оборудования на стадии проектирования и изготовления оборудования;
- об исключении ошибок при подборе энергетических параметров оборудования на стадии эксплуатации оборудования.

Поддержка принятия решения в естественных источниках излучения основана на интеллектуальном анализе сообщений об ошибках (группировка сообщений) и формировании классов типовых сообщений об энергетических параметрах светолучевого устройства: ток светового источника излучения, напряжение светового источника излучения, мощность светового источника излучения, свободный выход светового луча.

На стадии проектирования и изготовления оборудования разработчик принимает решение о выборе энергетических параметров светолучевого устройства, используя типовые сообщения об ошибках из справочника, сформированные на основе сгруппированных данных.

На стадии эксплуатации технолог оборудования принимает решение о подборе энергетических параметров светолучевого устройства на основе собранной статистической информации о наличии ошибок (дефектов) в технологическом процессе и классификации типовых сообщений об ошибках, их ранжирование по уровню влияния на конкретный технологический процесс.

Для каждого существенного энергетического параметра светолучевого устройства требуется установить диапазон возможных изменений (закон распределения), что позволяет выявить зависимость между возможными значениями случайной величины и их вероятностями.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БЗ – база знаний;

БД – база данных;

ЗСР – задача со сложным решением;

ИИ – искусственный интеллект;

$I_\lambda$  – ток светового источника излучения, А;

$U_\lambda$  – напряжение светового источника излучения, В;

$P_\lambda$  – мощность светового источника излучения, Вт;

$E_{2m}$  – максимальная плотность мощности излучистого потока в центре фокального пятна, Вт/см<sup>2</sup>.

$E_{2(r)}$  – плотность мощности излучистого потока на расстоянии от центра фокального пятна, Вт/см<sup>2</sup>;

$r$  – радиус пятна нагрева, мм;

$F$  – интегральный лучистый поток в фокальном пятне, Вт;

$K$  – коэффициент сосредоточенности лучистого потока, 1/мм<sup>2</sup>;

АИИ – алгоритм искусственного интеллекта;

СУ – система управления.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Алгоритмы искусственного интеллекта (СИИ) в светолучевых устройствах основываются на положениях, которые предполагают: выделение особого класса задач с учетом особенностей энергетических характеристик светолучевых устройств и классификации сообщений о типовых ошибках функционирования устройств; применение комплексно-системного и процессного подхода, интеллектуального анализа сообщений об ошибках в функ-

ционировании светолучевых устройств (классификация сообщений) и формирование уровней типовых сообщений, инженерно-технологических знаний и результатов работы, а также принципа многоуровневости информационной поддержки решений при управлении параметрами светолучевых устройств при решении прикладных задач.

## МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ АИИ

Методика применения алгоритмов искусственного интеллекта с учетом особенностей энергетических характеристик светолучевых устройств основана на разнообразности и открытости. Под разнообразием понимается многообразие энергетических характеристик светолучевого устройства, достоверность которых нельзя проверить сравнением с эталоном. К этим характеристикам относятся: плотность мощности, радиус пятна нагрева, структура лучистого потока в фокальном пятне нагрева, длина волны излучения, коэффициент сосредоточенности лучистого потока.

Под открытостью понимается такая формулировка условия задачи, при которой не приводятся варианты ее решения. Например, устранения ошибок характеристик светолучевого потока посредством влияния на параметры светолучевого устройства.

Задача представляет собой множество:

$$Z = \{П, У\}, \quad (1)$$

где:  $Z$  – задача;

$П$  – постановка задачи;

$У$  – множество условий к решению задач.

Множество условий к решению задач  $У$  имеет вид:

$$У = \{ТП, УЭ\}, \quad (2)$$

где:  $У$  – условие к решению задачи;

$ТП$  – требуемая последовательность решения задач;

$УЭ$  – множество условий и требований к элементам решения.

Результат решения задачи  $i$ -м изготовителем (эксплуатантом) светолучевой установки

$$M_i = \{ПР_i, МЭ_i\}; i = 1, 2, 3...n, \quad (3)$$

где:  $M_i$  – множество;

$ПР_i$  – последовательность решения  $i$ -го изготовителя (эксплуатанта);

$M_i$  – множество элементов решения  $i$ -го изготовителя (эксплуатанта);

$n$  – количество изготовителей (эксплуатантов).

Решение  $M_i$  является правильным, если последовательность  $Pr_i$  изоморфна структуре ТП и множество  $M_i$  соответствует множеству УЭ.

Множество условий (У) к решению задачи (З) по применению СИИ должна содержать:

- условие формирования классификатора сообщений о типовых ошибках при выполнении функциональной задачи светолучевой установки;
- поддержку принятия решения о возможном выборе диапазонов энергетических параметров светолучевой установки на стадии проектирования и изготовления;
- поддержку принятия решения об исключении ошибок функционирования светолучевой установки на стадии эксплуатации.

Перед использованием СИИ необходимо удостовериться в отсутствии существенных различий между средой возникновения сообщения о типовых ошибках функционирования светолучевого устройства и средой эксплуатации.

При формировании множества условий решения задач (У) применения СИИ необходимо учитывать последовательность действий по подготовке решений, осуществляемых оператором устройства, и последовательность действий по контролю результата решения, осуществляемых контроллером параметров светолучевого устройства. Согласно процессному подходу необходимо определить характеристики ( $E_{2m}, E_{2(r)}, r, F, K$ ) и параметры ( $Pl, Ul, Pl$ ) – регламентирующие процесс нагрева, установить требования к качеству процесса СИИ, определить показатели результативности процесса СИИ и их граничные (допустимые) значения.

### ПРИМЕНЕНИЕ СИИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СООБЩЕНИЙ ОБ ОШИБКАХ

Множество условий и требований к элементам (УЭ) сообщений об ошибках функционирования светолучевого устройства подвергаются обработке. Задача выявления значимых, наиболее существенных факторов является одной из важных при классификации сообщений об ошибках и решается путем:

- сбора априорной информации об ошибках;
- проведения анализа имеющихся теоретических и экспериментальных данных о внешних воздействиях и режимах функционирования СИИ в реальных условиях применения характеристик светолучевого устройства, достоверность которых нельзя проверить сравнением

с эталоном. К этим характеристикам относятся:  $E_{2m}, E_{2(r)}, r, F, K$ ;

- формирование классов типовых сообщений об ошибках, их ранжирование по уровню влияния на конкретный технологический процесс.

При определении требуемых последовательностей решения задач (ТП) необходимо выделить значимые, наиболее существенные энергетические параметры: ток светового источника излучения, напряжение светового источника излучения, мощности светового источника излучения, свободного выхода светового луча, оказывающие влияние на работу СИИ. Для каждого существенного параметра требуется установить диапазон возможных изменений (закон распределения) с целью воспроизведения во время тестирования СИИ.

### ПРИМЕНЕНИЕ СИИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВОЗМОЖНОМ ВЫБОРЕ ДИАПАЗОНОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОЛУЧЕВОГО УСТРОЙСТВА НА СТАДИИ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Требуемая последовательность решения задач (ТП) применения значимых, наиболее существенных параметров, влияющих на применение СИИ, на стадии проектирования и эксплуатации светолучевого устройства состоит в определении функциональной связи между воздействующими параметрами (ток светового источника излучения, напряжение светового источника излучения, мощности светового источника излучения, свободного выхода светового луча) и значениями характеристик в классификаторе типовых ошибок (плотность мощности, радиус пятна нагрева, интегральный лучистый поток в фокальном пятне нагрева, длина волны излучения, коэффициент сосредоточенности лучистого потока), а также уровень давления газа в лампе.

Техническая система обработки информации, обладающая ИИ, осуществляется на двух уровнях системы управления (СУ). На первом уровне проектирования и изготовления светолучевого устройства ИИ применяется при контроле результатов решения задачи (параметры светолучевого устройства). Схема требуемой последовательности решения задач (ТП) СИИ для СУ светолучевого устройства на первом уровне представлена на рис. 1. На первом уровне изготовитель устройства осуществляет управление системой, контроль и корректировку правильности результатов решения светолучевого устройства, согласно заданным требованиям. После анализа работы светолучевого устройства, изготовитель принимает решение, используя типовые сообщения об ошибках из справочника и предпринимает управляющее воздействие, выбирая из следующего множества решений  $B_a$ :

$$B_a = \{B_{bf}, B_{br}, B_{en}\}, \quad (4)$$

где:  $V_{bf}$  – завершение процесса;

отчета с перечнем сообщений об ошибках;

$V_{br}$  – перевод на повторное решение задачи с выдачей

$V_{вн}$  – перевод на решение следующей подзадачи.

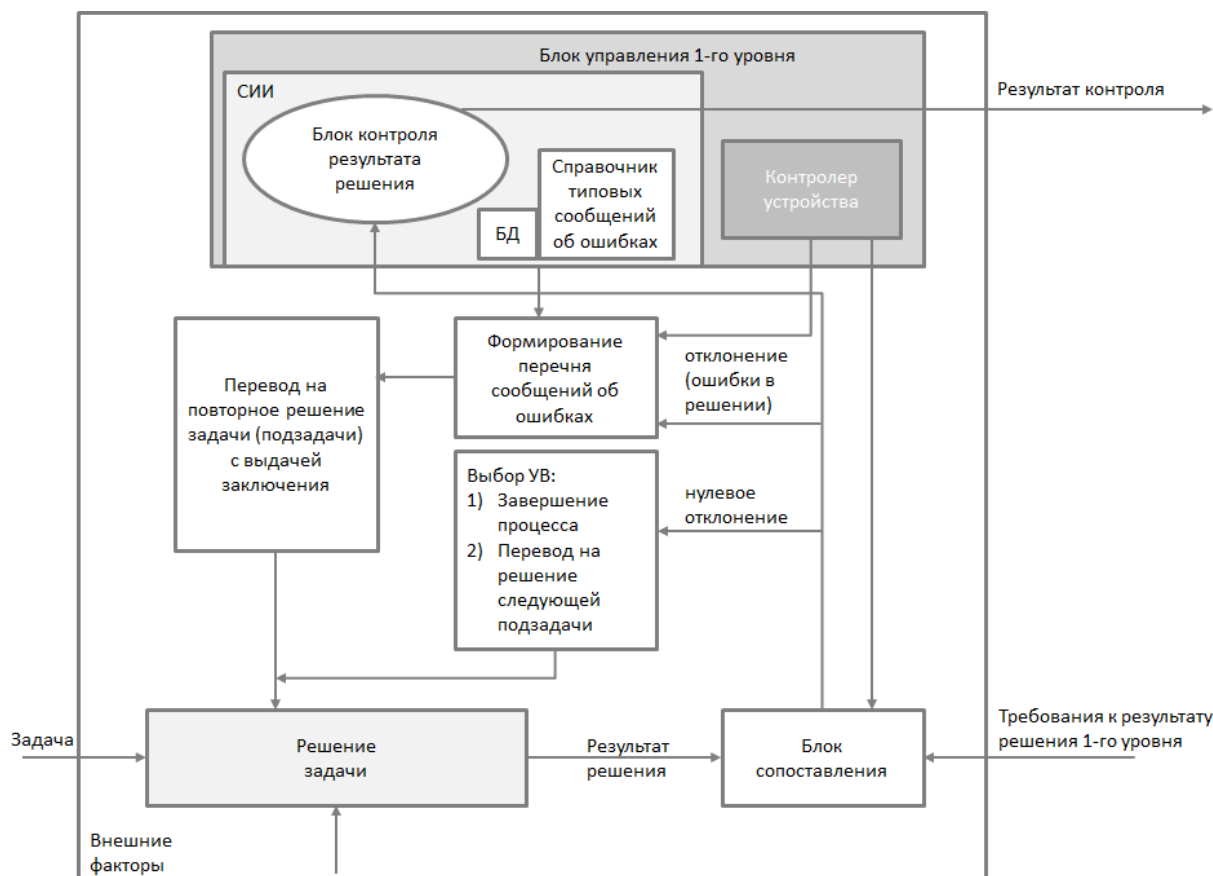


Рис. 1. Блок-схема требуемой последовательности решения задач (ТП) СИИ для СУ светолучевого устройства на первом уровне

Для информационной поддержки используются результаты работ, выполненных фундаментально-прикладных исследований по оптическим энергетическим характеристикам светового луча, описанных физических явлений и изученных процессов его взаимодействия с различными металлическими и неметаллическими материалами, определенные преимущества и область эффективного использования классифицированных технологических процессов, разработанных принципов проектирования и создания технологического оборудования и средств контроля решений, знания экспертов по управлению процессом работы на светолучевом оборудовании при решении задач, формализованные в виде полезных правил, формирующей базу знаний. Для поиска решений по корректировке технологического процесса осуществляется запрос к данной БЗ.

### ПРИМЕНЕНИЕ АИИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ИСКЛЮЧЕНИИ ОШИБОК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СВЕТОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКИ НА СТАДИИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Техническая система обработки информации, обладающая ИИ, осуществляется на втором уровне, включающем контроль процесса решений задач. Схема требуемой последовательности решения задач (ТП) АИИ для СУ светолучевого устройства второго уровня представлена на рис. 2. На втором уровне управление системой реализуется оператором процесса, который осуществляет контроль и корректировку правильности результатов выбора параметров светолучевого устройства для исключения типовых ошибок. После анализа работы светолучевого устройства оператор принимает решение, используя типовые сообщения об ошибках из справочника и предпринимает управляющее воздействие (см. формулу 4).

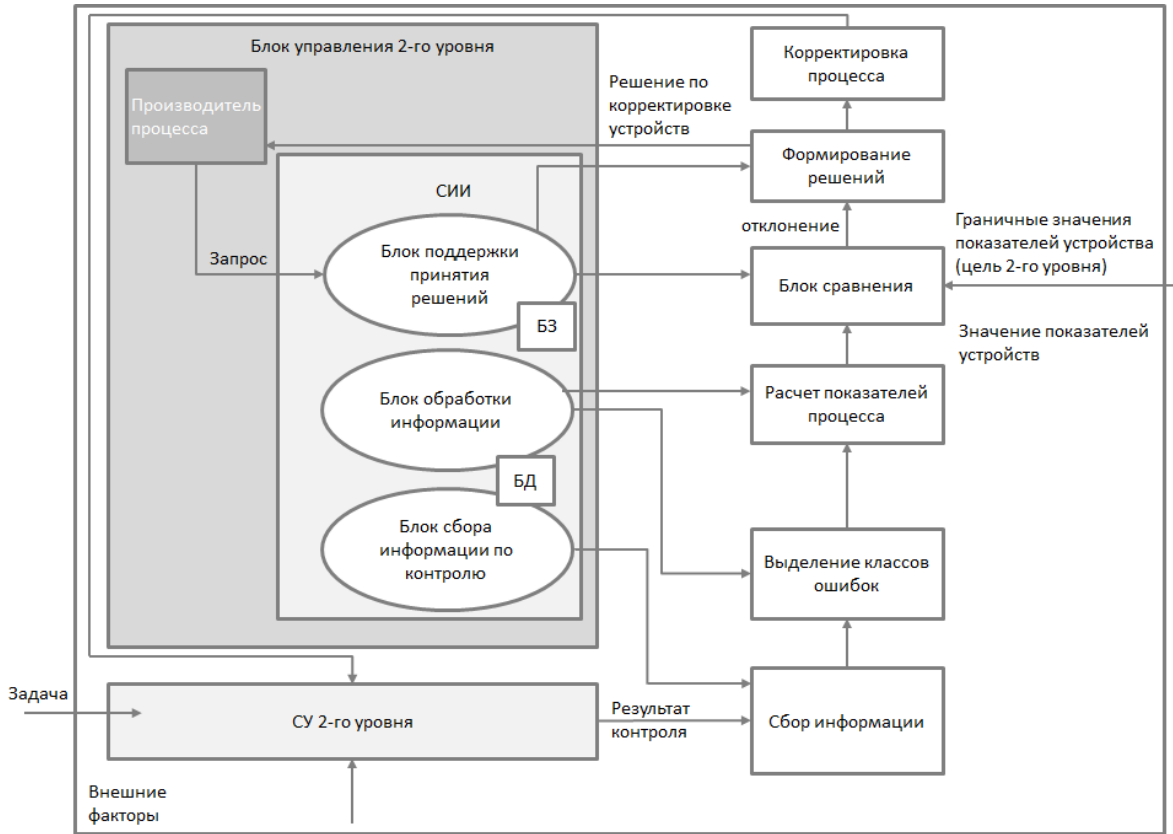


Рис. 2. Алгоритм решения задач (ТП) АИИ для СУ светолучевого устройства

Анализируя сформированные решения по корректировке работы светолучевого устройства с использованием АИИ, главный диспетчер предпринимает управляющее воздействие из множества  $V_t$ :

$$V_t = \{V_{tr}, V_{ta}, V_{tm}\}, \tag{5}$$

где:  $V_{ta}$  – корректировка рекомендаций по исправлению ошибок;

$V_{tr}$  – корректировка алгоритма процесса решения;

$V_{tm}$  – множество корректировок состава и содержания данных задач (3).

Корректировка рекомендаций по исправлению ошибок  $V_{ta}$  определяется:

$$V_{ta} = V_{trc} \oplus V_{trn}, \tag{6}$$

где:  $V_{trc}$  – корректировать рекомендации по исправлению ошибок;

$V_{trn}$  – не корректировать рекомендации по исправлению ошибок. Знаком  $\oplus$  обозначается исключающее ИЛИ.

Корректировка алгоритма процесса:

$$V_{tr} = V_{trd} \oplus V_{trn}, \tag{7}$$

где:  $V_{trd}$  – разбить задачу (подзадачу) на две части;

$V_{trn}$  – не разбивать задачу (подзадачу) на две части.

Множество корректировок состава и содержания материалов по решению ЗСР  $V_{trm}$

$$V_{trm} = \{V_{mb}, V_{mt}, V_{mf}\}, \tag{8}$$

где:  $V_{mb}$  – корректировка материала текущей задачи;

$V_{mt}$  – корректировка материала подготовки (материала, которым должен владеть исполнитель до начала решения задачи);

$V_{mf}$  – корректировки текста внешних требований к решению.

Корректировка информации текущей задачи  $V_{mb}$  определяется так:

$$B_{mb} = B_{mbt} \oplus B_{mbl} \oplus B_{mbn}, \quad (9)$$

где:  $B_{mbt}$  – корректировать информацию текущей задачи в общем;

$B_{mbl}$  – корректировать информацию текущей задачи локально;

$B_{mbn}$  – не корректировать материал текущей задачи.

Корректировка информации подготовки  $B_{mt}$  (информацией, которой должен владеть исполнитель до начала решения задачи) определяется так:

$$B_{mt} = B_{mta} \oplus B_{mtt} \oplus B_{mtl} \oplus B_{mtn}, \quad (10)$$

где:  $B_{mta}$  – создать информацию подготовки;

$B_{mtt}$  – корректировать информацию подготовки в общем;

$B_{mtl}$  – корректировать информацию подготовки локально;

$B_{mtn}$  – не корректировать информацию подготовки.

Корректировка текста формальных требований и решений  $B_{mf}$  определяется так:

$$B_{mf} = B_{mft} \oplus B_{mfl} \oplus B_{mfn}, \quad (11)$$

где:  $B_{mft}$  – корректировать текст формальных требований в общем;

$B_{mfl}$  – корректировать текст формальных требований локально;

$B_{mfn}$  – не корректировать текст формальных требований.

АИИ при контроле результатов решений задач с учетом разделений на подпроцессы базируется на применении справочника типовых сообщений об ошибках при формировании отзыва оператором.

Справочник типовых сообщений об ошибках  $n$ -й задачи  $СТС_n$  – это множество:

$$СТС_n = \{C_{nk}\}; k = 1, 2, \dots, m, \quad (12)$$

где  $C_{nk}$  – множество типовых сообщений об ошибках  $k$ -й подзадачи;

$m$  – количество подзадач.

Типовые сообщения об ошибках (отклонения, изменения выходных энергетических параметров светолучевого устройства) хранятся в структурированном виде:

$$C_{nk} = \{MO_{nkg}\}; g = 1, 2, \dots, z, \quad (13)$$

где  $MO_{nkg}$  – множество ошибок  $g$ -го блока,  $z$  – количество блоков.

Справочник  $СТС_n$  хранится в БД, контроля результатов решений ЗСР. Отзыв оператору (исполнителю) по решению  $k$ -й подзадачи  $MP_{ik}$  – это множество

$$MP_{ik} = \{MTC_{ik}\}, \quad (14)$$

где  $MTC_{ik}$  – множество типовых сообщений об ошибках исполнителя  $k$ -й подзадачи.

$$MTC_{ik} \leq C_{nk}. \quad (15)$$

Формирование справочника типовых сообщений об ошибках производится по этапам: формирование множества сообщений об ошибках по результатам ручной проверки, разбиение (групп) сообщений об ошибках, формирование типовых сообщений об ошибках на основе полученных объединений, создание справочника типовых сообщений и его заполнение.

АИИ при контроле результата решения задач с использованием справочника типовых сообщений осуществляется следующим образом:

- при выявлении ошибки в  $n$ -й задаче  $k$ -й подзадачи контролер выбирает область решения, к которой она относится ( $g$ -й блок);
- система выводит все типовые сообщения, относящиеся к данной области решения  $MO_{nkg}$  из справочника  $СТС_n$ ;
- контролер выбирает типовое сообщение  $СТС \in MO_{nkg}$ , соответствующее выявленной ошибке.

При осуществлении контроля решения задачи информация о выявленных ошибках сохраняется в организованном виде и с привязкой к типовым сообщениям, размещенным в справочнике  $СТС_n$   $n$ -й задачи. Формируется протокол проверки, по которому создается отзыв. Протокол контроля  $\Pi_{ук}$  – это процессия.

$$\Pi_{ук} = \{MTC_{ik}, O, NI, СП, ОК, УП\}, \quad (16)$$

где  $O$  – оператор;

НИ – номер испытания;

СП – создание протокола (дата и время);

ОК – окончание контроля (дата и время);

УП – учетный период.

Протокол проверки  $\Pi_{ук}$  сохраняется в БД системы контроля результата решения ЗСР.

Формирование протокола проверки Пик осуществляется по этапам:

1. Формирование пустого протокола проверки.
2. При выявлении ошибки переход к этапу 3, в противном случае – к этапу 8.
3. Выбор блока, к которому относится выявленная ошибка.
4. Выбор типового сообщения об ошибке, к которому относится ошибка.
5. Если необходимо объяснение к типовому сообщению, то переход к этапу 6, в противном случае – к этапу 7.
6. Добавление объяснений к типовому сообщению.
7. Добавление типового сообщения в протокол, переход к этапу 2.
8. Фиксация записи об окончании проверки.

Объединение (кластеризация) сообщений проводится с использованием алгоритмов на каждом предприятии в зависимости от наличия различного программного продукта и его обеспечения.

#### **АЛГОРИТМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ КОНТРОЛЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЕТОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКИ**

Результат решения задачи ( $M_p$ ) основан на выделении классов типовых ошибок светолучевого устройства и определении на основе данных классов сведений об ошибках, степени их влияния на эффективность технологического процесса и принятия решений посредством ввода на правила построения с использованием СИИ для эффективности процесса решения задач.

Данный метод контроля включает этапы: классификация типовых сообщений об ошибках в справочнике по типу ошибок оператором светолучевого устройства, расчет показателей процесса решений задачи, выявление отклонений значения показателей процесса решений, поиск причин отклонения выходных энергетических параметров светолучевого источника излучения формирования решений. На основе СИИ строится продуктивная модель, позволяющая определять варианты по корректировке технологического решения процесса при использовании светолучевого устройства.

Представлены три типа правил:

1. Поиск отклонений значений процесса решения задачи.
2. Поиск причин отклонения значений показателей.
3. Корректировка процесса решений задачи.

Примеры правил:

- если значения показателя «доля для повторяющихся ошибок»  $\geq 45\%$ , то повторение ошибок не допустимо;
- если значения показателя «доля для повторяющихся ошибок»  $< 45\%$ , то повторение допустимо пересмотреть множество условий решения задач ( $Y$ ).

Правило реализуются посредством логического программирования. Правила заносятся в программу и составляют БЗ.

#### **ВЫВОДЫ**

1. Разработана методика применения алгоритма искусственного интеллекта с учетом особенностей энергетических характеристик светолучевых устройств, основанная на разнообразности и открытости. Определены граничные условия для применения методики.
2. Решение задачи выявления значимых, наиболее существенных факторов является одной из важных при классификации сообщений об ошибках, что позволяет требующую последовательность решения задач для значимых, наиболее существенных энергетических параметров: ток светового источника излучения, напряжение светового источника излучения, мощности светового источника излучения, свободного выхода светового луча.
3. Разработан способ двухуровневой системы обработки информации для поддержки принятия решения:
  - о возможном выборе энергетических параметров оборудования на стадии проектирования и изготовления оборудования;
  - об исключении ошибок при подборе энергетических параметров оборудования на стадии эксплуатации оборудования.
4. Определены критерии корректировки технологического решения процесса при выявлении энергетических характеристик светолучевого устройства.
5. Результаты исследований распространяются на технологические системы, использующие методы искусственного интеллекта в светолучевых устройствах, включая алгоритмы на основе машинного обучения и экспертные системы.

### Список использованных источников и литературы

1. Будкин Ю.В., Цырков А.В. Разработка модели комплексной автоматизации информационного сопровождения процессов изготовления сложных технических систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2018. № 5(45). С. 9.
2. ГОСТ 33707–2016 (ISO/IEC 2382:2015) Информационные технологии (ИТ). Словарь. – Введ. 2017–09–01. – М.: Стандартинформ, 2016. 206 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (Издание с Поправкой). – Введ. 2015–11–01. – М.: Стандартинформ, 2019. 54 с.
4. ГОСТ Р 57501–2017 Техническое обслуживание медицинских изделий. Требования для государственных закупок. – Введ. 2018–06–01. – М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.
5. ГОСТ Р 59276–2020 Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. – Введ. 2021–03–01. – М.: Стандартинформ, 2021. 16 с.



# ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN NATURAL AND ARTIFICIAL SOURCES RADIATION.

## Part 1. Light radiation

**Budkin Yu.V.**, Doctor of Technical Science, Professor, FSBI «RST»

**Frolov V.A.**, Doctor of Technical Science, Professor, FSBI «RST»

**Anisimov N.R.**, Candidate of Physical Sciences, FSBI «RST»

**Fedorov S.A.**, Candidate of Technical Science, docent NIU MAI

*The article presents the results of an intelligent analysis of error messages in the functioning of light beam devices and the establishment of requirements for artificial intelligence algorithms in natural radiation sources in the field of decision support.*

*At the stage of designing and manufacturing equipment, the developer makes a decision on the choice of energy parameters of the light beam device, using typical error messages from the directory, formed on the basis of grouped data.*

*At the operation stage, the equipment technologist makes a decision on the selection of the energy parameters of the light-beam device based on the collected statistical information about the presence of errors (defects) in the technological process and the classification of typical error messages, their ranking according to the level of influence on a specific technological process.*

*Error messages in the selection of the energy parameters of the light beam device are processed: first they are grouped, as a result of which typical messages are identified. Then, classes of typical errors are distinguished, and a classification of typical messages about the energy parameters of the light beam device is carried out.*

*On the basis of the research carried out, standards have been developed in the field of artificial intelligence for light-beam devices operating both in continuous and in pulsed modes.*

**Keywords:** artificial intelligence algorithm, light beam device, energy parameters and characteristics.

### References

1. Budkin Yu.V., Cyrkov A.V. Razrabotka modeli kompleksnoj avtomatizacii informacionnogo soprovozhdeniya processov izgotovleniya slozhny'x texnicheskix sistem // Informacionno-e'konomicheskie aspekty` standartizacii i texnicheskogo regulirovaniya. 2018, no. 5 (45). P. 9.
2. GOST 33707–2016 (ISO/IEC 2382:2015) Information technologies. Vocabulary. – Moscow, Standartinform Publ., 2016. 206 p. (In Russian).
3. GOST R ISO 9000–2015 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary. – Moscow, Standartinform Publ., 2019. 54 p. (In Russian).
4. GOST R 57501–2017 Maintenance of medical devices. Requirements for governmental purchases. – Moscow, Standartinform Publ., 2017. 16 p. (In Russian).
5. GOST R 59276–2020 Artificial intelligence systems. Methods for ensuring trust. General. – Moscow, Standartinform Publ., 2021. 16 p. (In Russian).