

аппаратной платформе микропроцессорных контролеров, персональных компьютеров, рабочих станций и сетевого программно-аппаратного оборудования.

Помимо вышеперечисленных баз данных, особо необходимо отметить базу данных, создаваемую при моделировании теплоснабжающей системы в ИГС ТГИД. База данных содержит информацию о предметной области «Система централизованного теплоснабжения мегаполиса» и представляет собой прикладную БД с реляционной моделью данных, в которой свойства объектов размещены в структурированных таблицах, объединенных в одном файле формата mdb.

Связи между данными таблиц формируются автоматически при создании слоя расчетной схемы ТСМ в ИГС ТГИД, реализующей комплекс задач разработки и поддержания плановых, фактических, нормативных и перспективных теплогидравлических режимов ТСМ.

Объекты предметной области ТСМ, представленные таблицами в БД, разделены на два типа: невизуальные и визуальные.

Визуальный объект информационной модели предметной области, представляет собой группу од-

нородных объектов, физически присутствующих в технологической схеме системы централизованного теплоснабжения и имеющих измеряемые свойства.

Каждый выделенный визуальный объект имеет местоположение на территории мегаполиса, описываемое графическими и семантическими данными, которые представляют координатные и атрибутивные данные объекта для определения тематической направленности и графического представления средствами векторной графики, для отображения их как на картографическом плане города, так и в произвольной системе координат (без привязки к карте местности).

Каждый невизуальный объект описывается только семантическими данными, которые представляют атрибутивные данные объекта для определения тематической направленности предметной области.

Процессы формирования распределенных баз данных, управления и манипулирования условно постоянными и непрерывно измеряемыми данными реализуются в средах сетевых систем управления базами данных, которые становятся неотъемлемой компонентой корпоративных информационных систем энергетических компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасев Н.И., Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Фешин Б.Н. Направления исследований теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационных комплексов // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2007. № 2. С. 90-94.

УДК 622.232.72.001.24-52

**ПАРШИНА Г.И.,
ФЕШИН Б.Н.**

Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий

Понятие «эффективное функционирование электрооборудования добычных участков угольных шахт» интуитивно понятно и в первом приближении не связано с уровнем знаний персонала электротехнических служб горно-рудных предприятий. Но последствия от некачественных действий персонала и от ошибочных проектных решений при монтаже, наладке, настройке и эксплуатации схем электроснабжения и электрооборудования приводят к нарушению функционирования добычных участков угольных шахт, к авариям, катастрофам, в том числе и с человеческими жертвами.

Для перспективных вариантов управляемых электротехнических комплексов современных угледобывающих машин, механизмов и агрегатов, установленных в лавах, разрабатывающих наклонные и пологие пласты средней мощности, определим взаимосвязи между целевыми функциями управления угледобывающими комплексами и критериями оценки знаний персонала электротехнических служб, методы оценки знаний и последствия от снижения уровня знаний ниже теоретически возможного допуска.

Целевые функции управления комплексом «машинист – комбайн – лава» определены в [1], а комбайнами с регулируемым электроприводом механизмов подачи, резания и скребковыми забойными конвейерами с регулируемым электроприводом – [2].

Рассмотрим перспективный вариант иерархического управления комплексом с супервизорной многоуровневой системой управления автоматизированными электроприводами горно-добывающих машин (АЭП ГДМ) на верхнем уровне [3] для выполнения основной цели горного предприятия и определим, какую форму необходимо придать при этом целевым функциям и функционалам качества работы АЭП ГДМ.

Варианты ГДМ, которые можно рассматривать как наиболее реальные, это:

1. Типовой угледобывающий комбайн (например, типа КПС-32), скребковый забойный конвейер типа С-53 и насосная станция типа СНУ5. Нерегулируемые асинхронные электроприводы. Системы дистанционного управления. Гидроэлектромеханический механизм подачи типа Г405 [4].

2. Тот же комплекс машин с типовой системой автоматического управления САУК-М и регулятором нагрузки типа УРАН [5].

3. Угледобывающий комбайн типа КПЭ с раздельным электроприводом исполнительных органов и механизмов подачи. Тиристорный регулируемый электропривод постоянного тока для механизмов подачи и асинхронный регулируемый привод исполнительных органов. Маслонасосная станция типа СНУ5. САУК-М и регулятор нагрузки типа УРАН. Возмож-

ны варианты с зарубежными аналогами оборудования (например, комбайн типа SL 300 (Германия)).

4. Автоматизированный электромеханический угледобывающий комплекс на базе тиристорного электропривода постоянного тока и/или переменного тока [6].

Глобальная цель управления АЭП ГДМ средствами иерархической системы управления (ИСУ) заключается в получении экономического эффекта Θ от эксплуатации комплекса горнодобывающих машин за весь срок их эксплуатации, равный значению долговечности T_δ наименее надежной машины среди комплекса ГДМ.

Характеризуем оценку $\bar{\Theta}$ как случайную величину, равную разности между доходом $\bar{\Theta}_d$ и затратами $\bar{\Theta}_z$, тогда с вероятностью λ значение Θ определяется в некотором доверительном интервале I_λ

$$P((\Theta - \bar{\Theta}) < \varepsilon_\lambda) = \lambda, \quad (1)$$

где $\bar{\Theta}$ – несмещенная оценка Θ , определяемая как математическое ожидание $M(\Theta) = \bar{\Theta}$.

Диапазон возможных значений Θ при замене ее на $\bar{\Theta}$ будет равен $\pm \varepsilon$ и (1) можно будет переписать в виде [7]:

$$P((\bar{\Theta} - \varepsilon_\lambda) < \Theta < (\bar{\Theta} + \varepsilon_\lambda)) = \lambda. \quad (2)$$

Равенство (2) означает, что значение Θ с вероятностью λ попадает в интервал

$$I_\lambda = \{(\bar{\Theta} - \varepsilon_\lambda), (\bar{\Theta} + \varepsilon_\lambda)\}. \quad (3)$$

В рассматриваемой постановке величина Θ не случайна, зато случаен интервал I_λ . Случайным является положение интервала I_λ , которое определяется центром $\bar{\Theta}$, случайна также длина интервала, равная $2 \cdot \varepsilon_\lambda$.

Определим зависимость целевой функции Θ от условий и параметров эксплуатации АЭП ГДМ. Предположим, что если комплекс ГДМ выдержит весь период паспортной эксплуатации T_δ , тогда

$$\Theta = \bar{\Theta}_d - \bar{\Theta}_z, \quad (4)$$

$$\bar{\Theta}_d = \sum_{i=1}^{n=T_\delta} D_i \cdot S_i + \sum_{i=1}^{n=T_\delta} D_{доп,i} \cdot S_{доп,i}, \quad (5)$$

где S_i – цена 1 т угля в i -м месяце [у.е.];

D_i – месячная добыча угля заданного качества в i -м месяце;

T_δ – расчетная (паспортная) долговечность ГДМ, [месяц];

$D_{доп,i}$ – доля высоко- и низкачественного угля в процентах от D_i ;

$S_{доп,i}$ – доплата или штраф за качество, [у.е./%].

Эта переменная может иметь отрицательный знак тогда, когда существует доля низкачественного угля среди D_i .

В течение месяца объем добычи с помощью ГДМ определяется уравнением

$$D_i = Q_j \cdot N_M \cdot N_C = N_M \cdot N_C \sum_{j=1}^{N_R} (\gamma \cdot B \cdot H_j \cdot V_{Пj} \cdot T_j), \quad (6)$$

где Q_j – мгновенная добыча [1], [тонн];

N_M – число рабочих дней в месяце;

N_C – число смен в сутки;

N_e – математическое ожидание числа включений ГДМ в работу (в течение одной смены);

T_j – математическое ожидание длительности j -го включения ГДМ в работу;

γ – удельный вес угля, [т/м];

B – ширина захвата УМ, [м];

H_j – вынимаемая мощность пласта при j включении УМ, [м];

$V_{Пj}$ – скорость подачи УМ при j -м включении, [м/с].

В (6) $N_M, N_C, B, \gamma = \text{const}$. Приняв, в первом приближении, что связанные с организацией технологического процесса факторы N_e и H_j в течение смены остаются неизменными, мы получим только два фактора, позволяющие управлять мгновенной и сменной добычей ГДМ: $V_{Пj}$ и T_j .

Относительно T_j в [1] отмечено, что время T_j определяется организацией работы транспорта на участке, горно-геологическими условиями, техническим состоянием оборудования. В отличие от ситуации, рассмотренной в [1], наличия ИСУ и супервизорной МСАУ АЭП ГДМ позволяет влиять на T_j . Это достигается путем решения задачи организационного управления производством и контроля ресурса ГДМ на верхнем уровне ИСУ технологического участка и шахты в целом.

Вопрос должен стоять не о необходимости увеличивать T_j , а о выборе оптимального значения T_j для конкретного периода времени на всем интервале $\{0, T_\delta\}$ эксплуатации ГДМ и с учетом накопленного суммарного значения ресурса ГДМ.

Значение $V_{Пj}$, практически у всех типов угледобывающих машин (УМ) являющееся варьируемым фактором в диапазоне $\{0, V_{Пj\text{max}}\}$, непосредственно определяет возможный уровень Q_j , но, аналогично значению T_j , в ИСУ необходимо оптимизировать значение $V_{Пj}$ исходя из системного подхода на всем интервале $\{0, T_\delta\}$ эксплуатации ГДМ.

Системный подход заключается в учете условий и ограничений, характеризующих совместную работу отдельных машин, технологических участков и шахты как единой системы. Эти условия-ограничения связаны:

– с работой конвейерной установки участка [1]

$$Q_{куj} \geq Q_j, \quad (7)$$

где $Q_{куj}$ – мгновенная производительность скребковой конвейерной установки (КУ) технологического участка;

– состоянием и пропускной способностью системы электроснабжения шахты [9]

$$\left. \begin{aligned} U_{пуск\text{ку}} &\geq U_{пуск\text{мин}} \\ U_{H\text{ды}} &\geq U_{H\text{мин}} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

– пылегазовым режимом работы технологического участка [10]

$$S_{CH4j} \leq S_{CH4допj}, \quad (9)$$

– поддержанием кровли с помощью механизированной крепи [10]

$$L_0 - \Delta L \leq L_0 + \Delta L, \quad (10)$$

– динамической нагруженностью (ресурсом) конструктивных элементов машин и их привода

$$\Theta(t) \leq |\Delta\Theta_z(t)|, \quad (11)$$

– достижением экономически обоснованного уровня угледобычи за заданный период времени

$$Q_{Pj} \geq Q_{Pzi}. \quad (12)$$

В (1), ..., (6) используются следующие обозначения факторов:

$Q_{квj}$ – мгновенная производительность скребковой конвейерной установки технологического участка;

$U_{пускдвj}, U_{пускминj}, U_{Hдвj}, U_{Hминj}$ – соответственно, фазное фактическое и минимально допустимое пусковое и номинальное напряжение i -го двигателя в j -й момент времени;

$S_{CH4j}, S_{CH4допj}$ – фактическая и допустимая концентрация метана в j -й момент времени;

$L, L_0, \Delta L$ – фактическое и заданное отставание механизированной крепи от УМ, а также допустимое отклонение от L_0 ;

$\Theta(t), \Theta_z(t)$ – векторы фактических и заданных критериев качества работы АЭП ГДМ как динамических объектов управления;

Q_{Pj}, Q_{Pzi} – фактическая и заданная производительность комплекса ГДМ за заданный j -й временной интервал.

Второе слагаемое в (5) зависит в первом приближении от сопротивляемости угля резанию $A(t)$, а также от принятого режима управления УМ.

Известно, что качество добываемого угля определяется толщиной стружки $h(t)$ [11]

$$h(t) = f(lr(V_{II} / V_P)), \quad (13)$$

где lr – среднее расстояние между резами в линии резания;

V_{II}, V_P – соответственно, линейная скорость подачи и резания УМ.

В [12] доказано, что минимальным энергозатратам и наилучшей сортности угля соответствуют такие режимы управления работой УМ, когда обеспечивается условие

$$CF1 = \{V_{II} / V_P = const, P_{эф} = const\}, \quad (14)$$

где $P_{эф}$ – мощность, потребляемая УМ.

Значение второй слагаемой в (5) существенно зависит от возможности существующего комплекса ГДМ и их системы управления обеспечить условие (14). Фактором, препятствующим этому, является закономерность изменения сопротивляемости угля резанию $A(t)$ вдоль длины лавы. Для нормального закона распределения $A(t)$ (3) при длине лавы $L = 200$ м интервал корреляции $\tau_{кор} = 6$ м [1]. Это означает, что в пределах лавы значения $A(t)$ и связанные с ней па-

раметры ГДМ изменятся не менее чем 33 раза: $L/\tau_{кор} \approx 33$. Поэтому достижение условия (14) возможно с помощью систем управления адаптивного типа.

Вторая компонента в (4) $\bar{\Theta}_z$ связана, прежде всего, с затратами на восстановление (ремонт, профилактика, эксплуатация и т.п.) машин, т.е. в конечном итоге на обеспечение их надежности и долговечности.

Условие минимизации затрат, как отмечено выше и в [8], достигается обеспечением оптимальных режимов работы резания (14) и транспортирования угля (7) [13], а надежность и долговечность ГДМ обеспечивается путем снижения динамической нагруженности элементов машин средствами автоматического управления [14].

Существующая серийная аппаратура управления режимами работы УМ и КУ [15] обеспечивает решение задачи локальной статической оптимизации в рамках функциональных возможностей комплексов ГДМ и стабилизацию динамической нагруженности машин путем управления скоростью подачи УМ при условии, что параметры, характеризующие свойства разрушаемого угольного массива, не выходят за пределы 2δ [17].

Однако с учетом интервала корреляции $\tau_{кор}$ вероятность выполнения условий статической оптимизации (14), а также условий динамической нагруженности ГДМ (11) при ограничениях (7), ..., (12), (13) вдоль всей лавы весьма мала. Предположим, что у нас имеются варианты комплексов ГДМ, выделенные выше, и рассмотрим, какие целевые функции управления могут соответствовать им при условии наличия иерархической супервизорной системы управления.

Вариант 1.

Отсутствие локальных САУ ГДМ не исключает возможность оптимизации режимов работы ГДМ. В этом случае в разомкнутой системе управления управляющей ЭВМ должны формироваться рекомендации (в виде задающих воздействий), машинистам комбайна, конвейеров и маслораспределительных станций.

При отсутствии датчиков, характеризующих режимы работы машин, рекомендации вырабатываются в функции от априорной информации о свойствах разрушаемого угольного массива вдоль лавы, то есть

$$\left. \begin{aligned} V_{ПЗ}(t) &= f(L, A(t), H) \\ \text{при } V_P &= const \end{aligned} \right\}, \quad (15)$$

где $V_{ПЗ}$ – рекомендуемое машинисту угольного комбайна значение скорости подачи, м/с.

Так как сопротивляемость угля резанию $A(t)$ является случайным процессом, изменяющимся в соответствии с нормальным законом распределения, то и значение $V_{ПЗ}(t)$ следует рассматривать как случайный процесс, а в конкретной точке очистного забоя l_j – как случайную величину с вероятностью $P_{V_{ПЗ}}$, изменяющуюся в доверительном интервале $I_{V_{ПЗ}}$.

Целевые функции управления в статическом режиме работы комплекса ГДМ определяются функциональными свойствами машин и с учетом отсутствия возможности управления скоростью резания могут быть рекомендованы в виде

$$CF2 = \{V_{II}(t) \leq |\bar{V}_{II3_j}(t) \pm \Delta V_{II3}|, \text{ нпу } V_P(t) = V_{PH}(t) = \text{const}, \\ 0 < T_j < T_{jmax}; Q_{Pj} = k \cdot V_{II}(t) \cdot T_j; \\ QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ| \} \quad (16)$$

или

$$CF3 = \{V_P/V_{II} = \text{const}, \text{ нпу } V_P(t) = V_{PH}(t) = \text{const}; \\ 0 < T_j < T_{jmax} \\ Q_{Pj} = k \cdot V_{II}(t) \cdot T_j; V_{II}(t) \leq |\bar{V}_{II3_j}(t) \pm \Delta V_{II3}|, \\ QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ| \}, \quad (17)$$

где $\bar{V}_{II3_j}(t) = f(A(t))$ – математическое ожидание рекомендуемой скорости в l_j точке очистного забоя;
 $\Delta V_{II3}(t)$ – допустимое среднеквадратичное отклонение V_{II3_j} ;
 T_j, T_{jmax} – фактический и максимальный период включения ГДМ, являющийся в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ эвристической величиной, определяемой оператором (машинистом комбайна) УМ;

$$QG = \{Q_{KV_j}, U_{II3CK_{дв}}, U_{H_{дв}}, S_{CH4_j}, L, \Theta(t), \Theta_z(t)\}, \\ QGZ = \{Q_j, U_{II3CK_{min}}, S_{CH4_{доп_j}}, L_0, \Theta_z(t)\}.$$

Очевидно, функция (16) соответствует «минимальному» варианту автоматического регулирования УМ, а (17) – варианту «параметрической» стабилизации [1], но и в том и в другом случае следует учесть вероятностный характер изменения $V_{II3}(t)$. Минимизация динамической нагруженности ГДМ и, прежде всего, привода УМ, в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ полностью зависит от опытности машиниста УМ и не может как-либо управляться иерархической системой ввиду отсутствия датчиков и устройств воздействия на машины.

Так как $V_{II3}(t) = f[A(t)]$ и T_{jmax} – значения эвристически формируемые операторами УМ, то оптимизация глобальной целевой функции (4) в рассматриваемом варианте комплекса ГДМ практически невозможна.

Варианты 2, 3.

Локальная система управления УМ типа САУК-М с регулятором нагрузки типа УРАН и иерархическая система управления с супервизорной МСАУ ГДМ позволяет осуществить как статическую, так и динамическую оптимизацию режимов работы ГДМ с учетом автоматического выполнения множества ограничений (7)–(12).

Рассмотрим целевые функции в этом случае. Сигналы, характеризующие режим работы ГДМ, формируются минимальным набором датчиков, имеющихся в аппаратуре автоматизации УМ, КУ и МНС, и с учетом локальных АЭП ГДМ обеспечивают возможность выполнения целевых функций-аналогов (16), (17), а также статической и динамической оптимизации ГДМ

$$CF4 = \{V_P/V_{II} = \text{const}, \text{ нпу } V_P(t) = V_{PH}(t) = \text{const};$$

$$0 < T_{jz} < T_{jmax_{опт}};$$

$$Q_{Pj} = k \cdot V_{PH}(t) \cdot T_j = |Q_{Pj} \pm \Delta Q_{CM}|;$$

$$V_{II}(t) \leq |\bar{V}_{II3_j}(t) \pm \Delta V_{II3}|;$$

$$QG \leq |QGZ \pm \Delta QGZ|; U(t) \leq U(t)_{max};$$

$$\dot{Z}(t) = f(Z(t), U(t), Z_3(t), f(t));$$

$$Z(t) = f(Y(t), U(t)); Y(t) = [I_P, I_{II}, V_{II}, W_P, I_{KV}, V_{KV}];$$

$$Z_3(t) = [Q_{Pj}, V_P/V_{II}, T_{jmax_{опт}}, Y_3(t), QGZ] \}, \quad (18)$$

где $Y(t), U(t)$ – векторы реально измеряемых координат и управляющих воздействий АЭП ГДМ;
 T_{jz} – суммарное время включения ГДМ в течение смены;

$T_{jmax_{опт}}$ – формируемое ИСУ значение максимального времени включения ГДМ из условия обеспечения глобальной целевой функции (4);

$Q_{Pj, см}, V_P/V_{II}, Y_3(t), QGZ$ – формируемые ИСУ заданные значения основных координат статических и динамических режимов ГДМ.

В отличие от локальных САУ на средствах САУК, УРАН, ИПИР иерархическая система управления в статических режимах обеспечивает выполнение условий минимальной ($V_{II} = \text{const}$) или параметрической ($V_P/V_{II} = \text{const}$) оптимизации в вероятностной интерпретации, т.е. Оптимизирует режимы работы ГДМ вдоль всей длины лавы, где, с учетом интервала корреляции $\tau_{корр}$, математическое ожидание основного возмущения $A(t)$ меняется, по крайней мере, $L/\tau_{корр}$ раз. Одновременно ИСУ обеспечивает, на рассматриваемом интервале времени, равном продолжительности одной смены, выполнение глобального критерия оптимизации (4), путем формирования значения $T_{jmax_{опт}}$ с учетом ресурса ГДМ.

В динамических режимах работы локальная АЭП УМ обеспечивает оптимизацию динамической нагруженности в соответствии с функционалом [1]

$$CF5 = J(U_y) = \int_0^{\infty} (\alpha^2 \cdot \varepsilon^2 + \beta^2 \cdot U_y) dt \rightarrow \min, \quad (19)$$

где $\varepsilon(t) = I_{P3}(t) - I_P(t)$,

$U_y(t) = U_{II}(t)$ – управляющее воздействие по каналу скорости подачи, равное в варианте 2 величине эксцентриситета гидравлического механизма подачи, а для двигателя УМ типа КШЭ (или SL 300) – напряжению на якорной обмотке двигателя подачи;

или модифицированного критерия, обеспечивающего защиту электродвигателя резания от опрокидывания по техническим причинам, путем обеспечения максимального быстродействия на начальном участке переходного процесса

$$CF6 = J(U_y) = \int_0^{t1} U_{y_{max}} dt + \int_{t1}^{\infty} (\alpha^2 \cdot \varepsilon^2 + \beta^2 \cdot U_y) dt \rightarrow \min. \quad (20)$$

Супервизорные многосвязные АЭП ГДМ на верхнем уровне ИСУ в вариантах 2, 3 выполняют задачи:

– статической оптимизации по критерию «минимально» или «параметрической оптимизации»;

– глобальной статической оптимизации в соответствии с целевым функционалом;

– оптимизации динамической нагруженности ГДМ по векторным интегрально-квадратичным функционалам типа [14]

$$CF7 = J = M \left[(Z_3(t) - Z(t))^T \cdot Q_r \cdot (Z_3(t) - Z(t)) \right] + U^T(t) \cdot Q_r \cdot U(t) \rightarrow \min, \quad (21)$$

$$CF8 = J = 1/2 \left\{ \left[(Z_3(T) - Z(T))^T \cdot S_k \cdot (Z_3(T) - Z(T)) \right] + \int_{t_0}^T \left[(Z_3(t) - Z(t))^T \cdot Q_n \cdot (Z_3(t) - Z(t)) \right] + \int_{t_0}^T U^T(t) \cdot R_n \cdot U(t) \right\} dt \rightarrow \min. \quad (22)$$

Оптимизация по (21), (22) выполняется в соответствии с принципом разделения [17].

В (21), (22):

M – символ математического ожидания;

Q_r, R_r, S_k, Q_n, R_n – матрицы постоянных коэффициентов;

$U(t)$ – вектор управляющих воздействий в много-связной АЭП ГДМ.

Вариант 4.

Раздельный управляемый электропривод исполнительных органов и механизмов, входящих в ГДМ обеспечивает возможность выполнения всех приведенных выше критериев и реализации вариантов:

– максимальной оптимизации режимов резания [1]

$$V_P = var, V_{II} = var, \quad (23)$$

– экстремальных САУ УМ по критериям оптимизации энергозатрат [1]

$$P_P \rightarrow \min, P_{II} \rightarrow \min, \quad (24)$$

а также позволяет резко повысить качество управления динамической нагруженностью машин путем оптимизации функционалов CF7, CF8, в которых векторы $Z(t)$ включают координаты раздельно управляемых электроприводов всех ГДМ.

Целевые функции управления угледобывающими комплексами (1),(24) характеризуют нормальные и технически требуемые режимы работы механического оборудования и электротехнических комплексов. Для каждого из функций (1),(24) для конкретного представителя персонала электротехнической службы (ЭТС) могут быть определены списки вопросов, знания ответов на которые и составляют объем знаний отдельных представителей ЭТС.

Введем понятие и обозначения множества упомянутых списков вопросов (СВ) и списков ответов (СО), которые, в отличие от СВ, могут иметь вероятностную интерпретацию:

$$CB = \{CB(i, c, j): I = \overline{1, n}; c = 1, \dots, 24; j = \overline{1, m}\}, \quad (25)$$

$$CO = \{CO(i, c, j): I = \overline{1, n}; c = 1, \dots, 24; j = \overline{1, k}\}, \quad (26)$$

где i – условный номер представителя персонала ЭС.

Максимальное значение $I = n$;

c – номер множества целевых функций

управления соответствующих $\{(1), \dots, (24)\}$;

j – множество формализованных для конкретного i -го вопроса по конкретной целевой функции с из множества $\{(1), \dots, (24)\}$;

m, k – соответственно размер множества вопросов и ответов;

y – множество ответов на вопросы СВ (i, c, j) ;

k – размерность множества ответов, которая в общем случае может быть $k \geq m$. Ответы могут иметь вероятностную характеристику.

СВ и СО составят базу знаний дистанционной системы (ДС) повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий на базе экспертных алгоритмов оценки знаний, автоматизированных рабочих мест энергетических служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий (ЭК ГРП), специальной технологии дистанционного обучения инженерного корпуса [19, 20].

Будем считать множество СО максимально допустимым уровнем знаний отдельного представителя ЭТС и ЭТС в целом, а с учетом вероятностного характера отдельных ответов из множества СО выделим минимально допустимое подмножество $\min CO$, соответствующее знаниям представителя ЭТС и ЭТС в целом. Определение вероятностных оценок СО и $\min CO$ возможно методом экспертных оценок [21, 22]. Наличие целевых функций (1),(24) и множеств СВ, СВ, $\min CO$ позволяет поставить задачу построения математических моделей знаний представителей ЭТС в рамках ДС [19, 20] и в соответствии с теоретическими положениями [21, 22]. Тогда критерием знаний представителей ЭТС может быть принята функция R [22]:

$$R = R_{jR} = \frac{\sum_{iR \in \Phi_c} R_{iR} \cdot C_{iR}}{\sum_{iR \in \Phi_c} C_{iR}}, \quad (27)$$

где $R = R_{jR}$ – критерий знаний по множеству вопро-

сов СВ (i, c, j) для множества $jR = j = \overline{i, m}$,

R_{jR} – оценка за вопрос j ;

C_{iR} – коэффициент сложности (возможно вероятностная характеристика) вопроса СВ $(i, c, j), j = iR$;

Q_c – подмножество вопросов, относящихся к це-

левой функции C_i .

R идентифицируется путем тестирования представителей ЭТС по эталонной модели знаний, включающей множества СВ и СО, с последующей оценкой отклонения фактических знаний от эталонных и сравнением с $\min CO$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация привода выемочных и проходческих машин. Научная / Под. ред. чл. – кор. АН СССР А.В. Докукина. М.: Недра, 1983. 264 с.
2. Брейдо И.В. Структурно-параметрическая оптимизация управляемых электроприводов подземных передвижных машин: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 1996. С. 32.

3. Авдеев Л.А., Фешин Б.Н., Калинин А.А., Фешин М.В. Оптимизация режимов работы схем электроснабжения технологических участков угольной шахты средствами ППП «АРМ главного энергетика» // Труды международной научной конференции «Научно-технический прогресс – основа развития рыночной экономики» (26-27 июня 1997г., КарГТУ). Караганда, 1997. С. 58-61.
4. Солод В.И., Зайцев В.И., Перов К.И. Горные машины и автоматизированные комплексы. М.: Недра, 1981. 503 с.
5. Захаров В.Н., Кириченко К.И., Силаев В.И., Сарченко В.Н. Аппаратура автоматизации очистных комбайнов. М.: Недра, 1986. 128 с.
6. Пименов Н.И., Фешин Б.Н. Методические рекомендации по исследованию и проектированию систем автоматического управления угледобывающими машинами с регулируемыми приводами исполнительных органов резания и механизмов подачи / Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского. М., 1985. 150с.
7. Росин М.Ф. Статистическая динамика и теория эффективности систем управления. М.: Машиностроение, 1970. 336 с.
8. Брейдо И.В. Оптимальный электропривод шахтных скребковых конвейеров // Горный журнал. 1990. № 10. С. 109-114.
9. Стариков Б.Я., Азарх В.Л., Рабинович З.М. Асинхронный электропривод очистных комбайнов. М.: Недра, 1981. 288 с.
10. Толпежников Л.И. Автоматизация подземных горных работ. М.: Недра, 1976. 374 с.
11. Картавий Н.Г., Глушко В.В., Ульшин В.А. Автоматическое регулирование режимов работы горных машин. М.: Недра, 1970. 140 с.
12. Позин Е.З. Сопротивляемость угля разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972. 239 с.
13. Бырька В.Ф., Фешин Б.Н. Комплекс программных средств для математического моделирования динамических систем и машин. Караганда, 1990. 130 с.
14. Слободская Т.К., Фешин Б.Н. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для исследования и проектирования систем автоматического управления электроприводом горных машин // Автоматическое управление технологическими процессами в горной промышленности / Сб. научн. тр. СГИ. Свердловск, 1991. -3с.
15. Брейдо И.В. Установление оптимальных режимов работы регулируемого тиристорного электропривода скребковых конвейеров угольных шахт: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1982. 16 с.
16. Молдавский Л.А., Финкельштейн Э.Л., Верклов Б.А. Виды повреждений и долговечность трансмиссий горных машин. М.: Недра, 1981. 192 с.
17. Позин Е.З. Изменчивость сопротивляемости угля разрушению // Разрушение горных пород механическими способами. М.: Наука, 1966. С. 23-24.
18. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. М.: Наука, 1969. 588 с.
19. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2008. №4. С. 98-101.
20. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Структура экспертных систем оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий. Тр. ун-та. Караганда: КарГТУ, 2009. №4. С. 88-90.
21. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Пер. с англ. А. Брукинг, П. Джонс, Ф.Кокс и др.; Под ред. Р. Форсайта. М.: Радио и связь, 1987. 224с.
22. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы. Искусственный интеллект и принятие решений. М., 2008. С. 22-46.