

Чехлатый Н.А., канд. техн. наук (НИИГМ им. М.М. Федорова)

## ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК

*Запропонована стратегія оптимального керування ШСУ, яка враховує критерії технічної та економічної досконалості обладнання, що відноситься до різних груп, при класифікації якості експлуатації стаціонарних установок підприємства. Аналіз існуючих показників виробництва дозволив визначити класи об'єктів та побудувати класифікуючу математичну модель на основі апарату нечіткої логіки як найбільш придатного для цієї задачі інструменту. При цьому визначення цільової функції оптимізації є частиною настроювання класифікатора. Настроювання здійснюється підбором вагових значень бази знань на тестовій вибірці за критерієм мінімуму відносного відхилення.*

*Предложена стратегия оптимального управления ШСУ, учитывающая критерии технического и экономического совершенства оборудования, относящегося к разным группам, при классификации качества эксплуатации стационарных установок предприятия. Анализ существующих показателей производства позволил выделить классы объектов и предложить классифицирующую математическую модель на основе аппарата нечёткой логики как наиболее подходящего для этой задачи инструмента. При этом нахождение целевой функции оптимизации является частью настройки классификатора. Настройка осуществляется подбором весовых значений базы знаний на тестирующей выборке по критерию минимума относительного отклонения.*

*Suggested the strategy of the optimal management of the FMU, taking into account the criterion of the technical and economical equipment perfection, relating to different groups, while classifying the exploitation quality of the fixed units of the enterprise. The analysis of the existing production indexes allowed to single out the object classes and to suggest the classifying mathematical model on the basis of the uneven logic apparatus as the most suitable instrument for this task. Together with this fact, the finding of the aim function of the optimization is considered to be the part of the classificatory regulation. The regulation is fulfilled with the selection of the main meanings of the data basis on the testing selection according to the criterion of the miximum of the relative declination.*

**КС:** шахтные стационарные установки, эффективность эксплуатации, режимы работы, адаптивность предприятия, резервы улучшения производства, средства контроля, математическая модель функционирования ШСУ.

**Проблема и ее связь с научной или практической задачей.** Проблемы обеспечения эффективности и безопасности в угледобыче напрямую связаны с крайне неудовлетворительным состоянием основных производственных фондов. На протяжении последних 20 лет в угольной отрасли не проводились масштабная реконструкция шахтного фонда и плановая замена устаревшего оборудования. Сегодня темпы старения горно-шахтного оборудования опережают его обновление и модернизацию. В целом по угольной отрасли степень износа основных производственных фондов составляет более 60%, а по отдельным угольным компаниям она достигла 70%. Использование устаревшего оборудования, которое отработало несколько сроков службы, приводит к постоянному увеличению доли затрат на его содержание в себестоимости добычи угля и к аварийной остановке. Зафиксированные отказы по характеру возникновения разделены на внезапные (77%) и постепенные (23%). Основными причинами возникновения

---

внезапных отказов являются конструктивные недоработки (12%), некачественное изготовление (20%) и неудовлетворительная эксплуатация – несоблюдение сроков и объемов профилактики, нарушение требований инструкций и др. (45%).

Анализ травматизма на угольных шахтах [1] показал, что по причинам, в которых преобладают факторы несовершенства техники и технологии, произошла четверть всех несчастных случаев, а остальные – по организационным причинам. Совершенствование техники требует значительных капитальных вложений. Следовательно, направлением, нацеленным на уменьшение числа несчастных случаев, является совершенствование технологии производства и организации проведения работ.

В условиях низкой рентабельности предприятий, отсутствия средств на приобретение нового оборудования и модернизацию существующего важно достичь максимальной эффективности эксплуатируемых шахтных стационарных установок ШСУ (вентиляторных, водоотливных, компрессорных и подъемных установок). В первую очередь следует обратить внимание на режимы работы оборудования. Их улучшение не требует значительных материальных затрат и может оказаться достаточно весомым.

**Анализ исследований и публикаций.** Решению вопроса повышения эффективности и безопасности эксплуатации ШСУ уделяется достаточно внимания [2]. Так, для применяемых на угольных предприятиях систем управления фирмой «Сименс» разработаны технические средства управления, которые включают интеллектуальные датчики, подземные и поверхностные контроллеры. Наиболее известны системы контроля и управления для предприятий горной промышленности фирм «Transmitten», «Trolex», «ABB» и «FHF», которые поставляются на шахты многих стран мира. Эти системы обеспечивают непрерывный контроль параметров безопасности горных машин и общего состояния промышленной безопасности, анализ и организацию управления технологическими процессами, накопление, обработку и отображение оперативной производственной информации.

Для повышения эффективности эксплуатации ШСУ одной из главных задач является формирование оптимального режима работы оборудования, а также его оперативная корректировка с учетом изменения производственной ситуации. При этом необходимо применение адаптивной системы управления ШСУ, которая достаточно точно отразит процесс функционирования объекта, обеспечит анализ производственной ситуации, прогнозирование и оптимизацию режимов работы оборудования.

**Целью работы** является разработка усовершенствованных методов управления ШСУ, направленных на повышение эффективности и безопасности эксплуатации.

**Изложение основного материала и результаты.** Анализ факторов, влияющих на эффективность эксплуатации ШСУ [2,3], позволил классифицировать их показатели по группам.

В первую группу входят показатели, которые характеризуют этапы внедрения: разработку проекта, поставку составных частей установок, их монтаж и ввод в эксплуатацию.

Во вторую группу входят показатели, которые характеризуют производственный процесс: технологический и организационный уровень производства, проведение технического обслуживания и ремонта, эффективность использования ШСУ.

В третью группу включены показатели, которые позволяют получить представление об уровне эффективности управления производственным процессом: характере технологического процесса, безопасности эксплуатации, информационном обеспечении, автоматизации процесса управления и управляющих воздействиях.

В четвертую группу входят показатели, характеризующие адаптивность технологической схемы производства: изменения условий производства, условия функционирования и взаимодействие с другими ШСУ.

Объединение в группы произведено в соответствии с особенностями внутреннего содержания мероприятий. Поэтому для каждой группы характерны свои методы реализации эксплуатационной эффективности ШСУ.

---

*Так, реализация показателей первой группы* зависит от выполнения работ, необходимых для обеспечения предъявляемых к установкам требований, позволяющих получить полное представление о конструкции ШСУ, оценить ее соответствие требованиям технического задания.

В общем случае при разработке технического проекта проводят следующие работы:

- разработку необходимых схем;
- разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности;
- оценку эксплуатационных данных изделия;
- проверку соответствия принятых решений требованиям техники безопасности и производственной санитарии;
- составление уточненного перечня работ, которые следует провести на стадии разработки рабочей документации в дополнение (или уточнение) к работам, предусмотренным техническим заданием, техническими предложениями и эскизным проектом.

*Реализация второй группы* зависит от достигнутого уровня развития средств производства, методов организации и управления. Совершенствование организационно-технического уровня производства – это комплексный непрерывный процесс, охватывающий научно-технический прогресс и научно-технический уровень производства продукции, структуру хозяйственной системы и методы хозяйствования. Методика анализа организационно-технического уровня основывается на использовании двух групп аналитических показателей: организационно-технический уровень производства и экономическая эффективность его совершенствования. Первая группа показателей характеризует качество продукции, уровень техники и технологии, организацию производства, труда и управления. Вторая группа показателей дает комплексную экономическую характеристику производства и эффективности повышения его организационно-технического уровня. Оценка эффективности управления производством можно рассматривать как процесс, состоящий из взаимосвязанных этапов. Задачей первого этапа является качественная и количественная характеристика критерия эффективности управления. Достижение цели является качественной, а величина социально-экономического эффекта – количественной характеристиками эффективности управления производством. На втором этапе необходимо определить эффективность затрат на управление, на третьем – эффективность использования производственного потенциала.

Информация о затратах дает представление об уровне влияния работы ШСУ на прибыльность или убыточность деятельности предприятия, позволяет анализировать и сравнивать показатели эффективности отдельных установок.

Задача технического обслуживания и ремонта включает в себя выполнение следующих функций:

- учет времени наработки оборудования;
- учет времени и причин простоев оборудования;
- анализ технического состояния оборудования и выявление предаварийных ситуаций по косвенным признакам;
- передача исходных данных для формирования плана ремонтов.

Решение этой задачи помогает планировать проведение ремонтов и технического обслуживания оборудования «по состоянию», что также приносит ощутимый экономический эффект.

*Реализация третьей группы* заключается в достижении оптимальности показателей – снижении себестоимости продукции и повышении ее качества.

Успешного достижения конечного результата – значительного скачка эффективности производственного процесса – можно добиться за счет автоматизации процессов контроля, управления и анализа состояния ШСУ. Автоматизация процесса управления обеспечивает выполнение следующих функций:

- 
- мониторинга загрузки технологических мощностей, регистрации и оповещения об отклонениях технологического процесса от заданных режимов и нормативов;
  - расчета отклонений фактических производственных показателей от плановых в реальном времени;
  - формирования производственной отчетности.

Выбор правильного и эффективного управления есть результат комплексного использования экономического, организационного, правового, технического, информационного, математического, логического, психологического и других аспектов.

Все управленческие воздействия можно подразделить на три вида:

- штатный режим, ранее неоднократно имевший место; в этом случае следует выбрать один из уже имеющихся альтернативных вариантов;
- нештатный режим, нестандартные управленческие решения; их выработка связана с поиском новых альтернативных вариантов;
- оптимизационный режим, включающий подстройку параметров технологического процесса, связанную с износом ШСУ или изменением условий эксплуатации.

Анализ причин не всегда достаточной эффективности эксплуатации ШСУ свидетельствует о наличии ряда недостатков в организации информационных потоков, циркулирующих в системе управления безопасностью, а также о несовершенстве способов и средств сбора, хранения и переработки информации, необходимой для реализации функций управления.

Большинство угольных предприятий в настоящее время оснащено современной унифицированной телекоммуникационной автоматизированной системой УТАС, с помощью которой становится возможным моделирование процессов с учетом влияния различных факторов внутренней и внешней среды, а также разработка систем управления потреблением ТЭР [2,3]. Возможность моделирования не только локальных процессов, но и всех этапов производственного процесса позволяет качественно улучшить временные и экономические параметры производства.

При современном проектировании ШСУ с позиции обеспечения их эксплуатационной надежности и безопасности можно выделить методы и средства, позволяющие:

- обнаруживать предаварийные ситуации и устранять отказы путем систематического тестирования состояния ШСУ;
- удостоверить достигнутое качество управления и безопасность применения ШСУ в процессе их сертификации перед передачей в эксплуатацию.

Комплексное, скоординированное применение таких методов и средств в процессе создания и эксплуатации ШСУ позволяет исключить некоторые виды угроз или значительно ослабить их влияние. При этом уровень достигаемой безопасности эксплуатации ШСУ становится предсказуемым и управляемым, непосредственно зависящим от ресурсов, выделяемых на его достижение.

*Показатели четвертой группы* влияют на уровень эффективности эксплуатации ШСУ и сигнализируют о необходимости применения адаптированного управления установками, вызванного изменениями условий производства.

Различают два основных способа управления: ситуационный и стратегический.

Основной идеей стратегического управления является органичное последовательное приспособление схемы управления ШСУ к изменяющейся обстановке внешней среды, целевой подход к решению любых управленческих задач и организации системы управления в целом.

Ситуационные задачи являются следствием воздействия на предприятие технико-технологических, социально-экономических и региональных факторов, в том числе воздействий, обусловленных их различной динамикой. Соответственно и процессы управления должны формироваться с учетом двух принципов организации управления – функционального и ситуационного.

Адаптивность предприятия может быть обеспечена лишь дополнением существующего механизма функционирования элементами ситуационного типа, обеспечивающими возможность решения комплекса возникающих проблем.

Адаптивность может быть достигнута двумя способами:

I – закладкой эксплуатационных параметров, обеспечивающих функционирование ШСУ в пределах изменяющихся условий;

II – обеспечением гибкости организационной структуры и системы управления ШСУ.

В отличие от краткосрочных критериев эффективности специальных и конкретных показателей измерения адаптивности не существует. Адаптивный механизм является составной частью системы управления ШСУ, обеспечивающей целенаправленное воздействие на факторы, от состояния которых зависит результативность их деятельности на предприятии.

Поскольку добыча угля является конечным результатом работы цепочки взаимосвязанных технологических процессов угольного предприятия, то при пуске и останове некоторых ШСУ требуется выполнение специфических точно синхронизированных операций. Решение этой задачи позволит существенно повысить в целом эффективность работы угольного предприятия по показателям себестоимости и качества как промежуточного, так и конечного продукта.

Критерии эффективности управления находятся в тесной взаимосвязи с целями деятельности предприятия. Специфика управления состоит в том, что формирование целей является функцией самого управления, а их реализация осуществляется как в общих рамках функционирования предприятия, так и в рамках отдельно управляемого объекта.

Эффективность эксплуатации ШСУ можно оценить, используя систему нечёткой логики [4,5,6]. В классификаторе на входе будет вектор значений лингвистических переменных  $\{\varphi_i\}_1^N$  размерности  $N$ , а на выходе в общем случае вектор классифицирующих выходных термов  $\omega = \{\omega_j\}_1^M$  размерности  $M$

$$\{\varphi_i\} \Rightarrow \{\omega_j\}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M},$$

где  $\varphi_i$  –  $i$ -тый терм из совокупности значимых входных переменных, принимающих значения в соответствии с выбранными функциями принадлежности;  $\omega_j$  –  $j$ -тый терм из совокупности значимых выходных переменных вывода группы сформированных нечётких правил.

База знаний представляется следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{ЕСЛИ} \left[ (\varphi_1 = \xi_{1,j1}) \text{ И } (\varphi_2 = \xi_{2,j1}) \text{ И } \dots \text{ И } (\varphi_N = \xi_{N,j1}) \right]_{\alpha_{j1}}, \\ & \text{ИЛИ} \left[ (\varphi_1 = \xi_{1,j2}) \text{ И } (\varphi_2 = \xi_{2,j2}) \text{ И } \dots \text{ И } (\varphi_N = \xi_{N,j2}) \right]_{\alpha_{j2}}, \\ & \dots \\ & \text{ИЛИ} \left[ (\varphi_1 = \xi_{1,Kj}) \text{ И } (\varphi_2 = \xi_{2,Kj}) \text{ И } \dots \text{ И } (\varphi_N = \xi_{N,Kj}) \right]_{\alpha_{jK}}, \\ & \text{ТО } \omega = \omega_j, \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\xi_{i,jK^j}$  – нечёткий терм оценки переменной  $\omega_j$ ;  $K^j$  – количество строк в матрице базы, где выход оценивается значением  $\omega_j$ ,  $\alpha_{jK^j}$  – вес, с которым берётся текущее правило совокупности,  $\alpha_{jK^j} \in [0, 1]$ .

Суммарные степени принадлежности  $\mu_{\omega_j}$  объектов  $\varphi_i$  каждой строки базы знаний различным термам  $\omega_j$  вычисляются из выражения

$$\mu_{\omega_j} = \max_{p=\overline{1, K^j}} \left[ \alpha_{jp} \min_{i=\overline{1, N}} (\mu_{jp}(\varphi_i)) \right], \tag{2}$$

где  $\mu_{jp}(\varphi_i)$  – степень принадлежности входа  $\varphi_i$  терму  $\xi_{i,jp}$ .

За решения принимаются правила с максимальной степенью принадлежности:

$$\omega = \max[\mu_{\omega_1}, \mu_{\omega_2}, \dots, \mu_{\omega_M}].$$

Настройку нечёткого классификатора осуществляют подбором весовых коэффициентов и функций принадлежности по  $R$  пар эмпирических данных, связывающих входы  $\{\varphi_i\}_1^N$  с выходом  $\omega$ , т.е.

$$[\bar{\varphi}_l, \omega_l], \quad l = 1, R,$$

где  $\bar{\varphi}_l$  – входной вектор значений пары вида  $\{\varphi_i\}_1^N$ ;  $\omega_l$  – соответствующее значение на выходе классификатора.

В качестве критерия настройки можно применить расстояние между результатом классификатора в виде нечёткого множества  $\left(\frac{\mu_{\omega_1}(\bar{\varphi})}{\omega_1}, \dots, \frac{\mu_{\omega_M}(\bar{\varphi})}{\omega_M}\right)$  и значением выходной

переменной  $\omega_j$  в обучающей выборке  $\bar{\omega}^*$ , которую преобразуют в значения лингвистических переменных путем использования только единичных и нулевых функций принадлежности следующим образом:

$$\bar{\omega}^* = \left(\frac{1}{\omega_1}, 0, \dots, 0\right), \quad \bar{\omega}^* = \left(0, \frac{1}{\omega_2}, \dots, 0\right), \dots, \quad \bar{\omega}^* = \left(0, \dots, 0, \frac{1}{\omega_M}\right). \quad (3)$$

Для настройки классификатора решается следующая задача оптимизации: найти вектор  $(R, A)$ , чтобы

$$\frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^M \left(\mu_{\omega_j}(\bar{\omega}_r) - \mu_{\omega_j}(\bar{\varphi}_r, \bar{M}, \bar{A})\right)^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $\bar{M}$  – вектор параметров функций принадлежности термов входных и выходной переменной;  $\bar{A}$  – вектор весовых коэффициентов правил базы знаний;  $\mu_{\omega_j}(\bar{\omega}_r)$  – степень принадлежности значения выходной переменной в  $r$ -той паре обучающей выборки к решению  $\omega_j$ ;  $\mu_{\omega_j}(\bar{\varphi}_r, \bar{M}, \bar{A})$  – степень принадлежности выхода модели с параметрами  $\bar{M}, \bar{A}$  к решению  $\omega_j$ , определяемая функциями min/max уравнения (2),  $\bar{R}$  – количество обучающих выборок  $\bar{\varphi}_r$  в базе. Минимизация соотношения (4) может быть проведена любым существующим методом.

Продемонстрируем возможности построения подобной классифицирующей модели для оценки эффективности производственного процесса Э второй группы на примере анализа только двух факторов: надёжности по вероятности безотказной работы (группы эффективности и экономичности ШСУ) и длительности восстановления оборудования, подлежащего ремонту вследствие отказа (группы технического обслуживания и ремонта). Формализация поставленной задачи оценки даёт набор двух входных лингвистических величин ( $N=2$ ) надёжности и длительности и одной выходной величины эффективности, записанной на множестве трёх термов: низкой, Э средней и высокой (соответственно Э<sup>n</sup>, Э<sup>c</sup>, Э<sup>e</sup>).

Разбиение переменной надёжности ( $H$ ) на термы проведём в соответствии с общепринятой классификацией аппаратуры: простая ( $H^n$ ), малой сложности ( $H^m$ ), средней сложности ( $H^{cc}$ ), сложная ( $H^c$ ) – только четыре терма со следующими диапазонами значений (в зависимости от количества составных узлов):  $H^n \in [2, 4]$ ,  $H^m \in [4, 6]$ ,  $H^{cc} \in [6, 8]$ ,  $H^c \in [8, 2t]_{t=5+10}$ . В свою очередь средний срок безотказной службы аппаратуры автоматизации стационарных установок составляет 3-4 года, и вероятность отказа увеличивается с каждым

ремонт. При этом существуют три класса аппаратов в зависимости от значений вероятности отказа: I (0,85), II (0,9), III (0,96), а длительность ремонта регламентируется для каждого класса соответственно 40 мин., 60 мин., 8 ч. Тогда можно ввести три естественных термина для переменной длительности ( $D$ ): менее часа ( $D^m$ ), час ( $D^c$ ), смена ( $D^s$ ) со следующими диапазонами изменений:  $D^m \in \left[0, \frac{1}{7}\right]$ ,  $D^c \in \left[\frac{1}{7}, \frac{1}{3}\right]$ ,  $D^s \in \left[\frac{1}{3}, 1\right]$ . Видно, что последние величины меняют значения на отрезке  $[0, 1]$ . Такое распределение в относительных координатах получено априорно посредством усреднения линейной комбинации вероятности простоя (отказа), срока службы и среднего количества ремонтов установленного оборудования, т.к. анализ экспериментальных данных позволяет классифицировать причины возникновения отказов на конструктивные, производственные и эксплуатационные. При этом большинство составляют эксплуатационные отказы – более 57%, из которых на электрическую часть приходится до 92 %. Последнее значение мало зависит от типа управления – ручного или автоматизированного.

Далее априорно зададим предельные степени принадлежности для всех указанных диапазонов и эквивалентов термов классификации, а также первоначальных значений в интервалах для соответствующих функций принадлежности (прямой метод построения по экспертным оценкам) посредством анализа существующих аппаратур управления оборудованием. Для описания поведения системы составим следующее множество нечётких правил (для краткости  $H = H^n \Rightarrow H^n$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЕСЛИ } [H^n \text{ И } D^c]_{\alpha_{11}} \text{ ИЛИ } [H^m \text{ И } D^c]_{\alpha_{12}} \text{ ИЛИ } [H^{cc} \text{ И } D^c]_{\alpha_{13}} \text{ ТО } \mathcal{E} = \mathcal{E}^n; \\ \text{ЕСЛИ } [H^m \text{ И } D^c]_{\alpha_{11}} \text{ ИЛИ } [H^{cc} \text{ И } D^c]_{\alpha_{12}} \text{ ИЛИ } [H^c \text{ И } D^c]_{\alpha_{13}} \text{ ТО } \mathcal{E} = \mathcal{E}^c; \\ \text{ЕСЛИ } [H^{cc} \text{ И } D^c]_{\alpha_{11}} \text{ ИЛИ } [H^c \text{ И } D^c]_{\alpha_{12}} \text{ ИЛИ } [H^c \text{ И } D^m]_{\alpha_{13}} \text{ ТО } \mathcal{E} = \mathcal{E}^s, \end{array} \right.$$

со следующей матрицей весовых коэффициентов и квазиматрицей степеней принадлежностей

$$[\alpha]_{j=1,3} = \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,7 \\ 0,4 \end{bmatrix}, [\mu]_{i,j=1,3} = \begin{bmatrix} 0,3 | 0,7 & 0,9 | 0,9 & 0,4 | 0,8 \\ 0,5 | 0,5 & 0,6 | 0,3 & 0,7 | 0,9 \\ 0,8 | 0,3 & 0,8 | 0,6 & 0,2 | 0,4 \end{bmatrix}.$$

Вычислим минимальное и максимальное значение степеней принадлежности для каждой строки правил выше.

$$i = 1: \text{MAX}(\text{MIN}(0,18, 0,42), \text{MIN}(0,54, 0,54), \text{MIN}(0,24, 0,48)) = 0,54;$$

$$i = 2: \text{MAX}(\text{MIN}(0,35, 0,35), \text{MIN}(0,42, 0,21), \text{MIN}(0,49, 0,63)) = 0,49;$$

$$i = 3: \text{MAX}(\text{MIN}(0,32, 0,12), \text{MIN}(0,32, 0,24), \text{MIN}(0,08, 0,16)) = 0,24.$$

Максимальная степень выполнения – у первого правила, поэтому можно принять (до настройки классификатора), что  $\mathcal{E} = \mathcal{E}^n$ . Считается, что объём обучающего множества на практике должен на несколько порядков превосходить количество входных переменных системы (в теории – быть бесконечным). При этом минимизировать ошибку классификации описанным выше способом при  $M \leq N$  невозможно. Для наглядности попробуем перенести описанную задачу на плоскость, используя вместо большой «обучающей» выборки многократное «переобучение» на небольших репрезентативных множествах и сравнении результата с полученным на контрольном множестве. В данном случае будем настраивать только веса правил. Следует понимать, что данный пример демонстрирует применимость нечёткого логического вывода к куда более лёгкой задаче, чем классификация эффективности эксплуатации ШСУ, а «обученный» подобным образом классификатор не даст правильный результат, если на входе будут присутствовать переменные, отсутствующие в обучающих выборках.

Данные статистики простоя в случае отказа систем управления по угольной отрасли можно получить по вероятности отказа систем управления

---

$$B_i^{сум} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - B_i), \quad (5)$$

где  $B_i$  – вероятность отказа  $i$ -й части системы.

Учитывая, что существуют только три группы аппаратов по вероятности отказа, и перебирая различные варианты сочетаний, можно сгенерировать набор «обучающих» значений, попадающих в интервалы изменения термов длительности ремонта.

Итак, система показателей эксплуатационной эффективности должна:

- создавать предпосылки для выявления резервов улучшения производства;
- стимулировать использование всех резервов, имеющихся на предприятии;
- обеспечивать информацией относительно эффективности производства все звенья управленческой иерархии;
- отображать затраты всех видов ресурсов, потребляемых на предприятии;
- выполнять критериальную функцию.

Как видно из изложенного, система показателей эффективности создает предпосылки для выявления резервов улучшения производства и обеспечивает информацией об эффективности эксплуатации ШСУ все звенья управленческой иерархии.

#### **Выводы и рекомендации.**

1. В работе решена научная задача определения показателей эффективности управления ШСУ, учитывающая критерии технического и экономического совершенства оборудования, относящегося к разным группам.

2. Предложена стратегия оценки оптимального функционирования стационарных установок шахт, учитывающая критерии показателей эффективности оборудования и качество эксплуатации шахтных стационарных установок.

3. Использование системы нечёткой логики позволяет классифицировать работу ШСУ, отразить процесс функционирования объекта, обеспечить анализ производственной ситуации, прогнозирование и оптимизацию режимов работы эксплуатируемого оборудования.

4. Полученные результаты могут быть использованы для получения математических моделей функционирования ШСУ предприятий.

5. Применение современных средств контроля и измерения основных параметров работы ШСУ, их обработки и регистрации позволяет получить объективную информацию о текущем состоянии этих установок.

6. Возможность анализа и документирования информации обеспечивает своевременное принятие мер по устранению неисправностей и предотвращению аварийных ситуаций, что повышает безопасность эксплуатации установок.

#### **Литература**

1. Грядущий Б.А. Предотвращение аварий и травматизма при эксплуатации горно-шахтного оборудования / Б.А.Грядущий, Н.Б. Левкин // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок: сб. научн. тр. НИИГМ им. М.М.Федорова. – Вып. 95. – Донецк: НИИГМ им. М.М.Федорова, 2002. – С. 23–29.
2. Энергосбережение в угольной промышленности: монография / В.И.Мялковский, Н.А.Чехлатый, Г.Н. Лисовой и др.; под ред. Б.А.Грядущего. – Донецк: НИИГМ им. М.М.Федорова, 2006. – 336 с.
3. Мялковский В.И. Мониторинг состояния стационарного оборудования – залог безопасности и надежной эксплуатации / В.И.Мялковский, Н.А. Чехлатый // Материалы научно-практ. конф. МакНИИ: Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли. – Макеевка: МакНИИ, 2004. – С. 453–455.
4. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами Matlab / С.Д.Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 164 с.
6. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Винница: Універсум, 1999. – 320 с.

*Статья рекомендована к публикации  
канд. техн. наук Демченко Н.П.*