

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК

Н.А. Чехлатый, А.Н. Коваль, В.И. Мялковский, ПАО «НИИГМ им. М.М. Федорова», Украина

Предложена стратегия рационального управления ШСУ, учитывающая критерии технического совершенствования оборудования, относящегося к разным группам, при классификации качества эксплуатации стационарных установок предприятия. Анализ существующих показателей производства позволил выделить классы объектов и предложить классификационную модель на основе аппарата нечеткой логики как наиболее подходящего инструмента для решения этой задачи.

Проблема и ее связь с научной или практической задачей. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации шахтных стационарных установок ШСУ (вентиляторные, водоотливные, компрессорные и подъемные установки) связано с выполнением целого ряда условий и технических мероприятий. В это понятие включается не только безаварийная эксплуатация ШСУ и энергоэффективность, но и стабильность производственных показателей, надежность работы оборудования. Проблемы обеспечения эффективности и безопасности угледобычи напрямую связаны с крайне неудовлетворительным состоянием основных производственных фондов. На протяжении последних 20 лет в угольной отрасли не проводилась масштабная реконструкция шахтного фонда и плановая замена устаревшего стационарного оборудования. В целом по угольной отрасли степень износа основных производственных фондов составляет более 60%, а по отдельным угольным предприятиям достигла 70%. Использование устаревшего оборудования, которое отработало несколько сроков службы, увеличивает электропотребление и может привести к аварийной остановке предприятия.

Анализ травматизма на угольных шахтах [1] показывает, 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, направлениями уменьшения числа несчастных случаев являются совершенствование техники и технологии производства и организации проведения работ.

В условиях низкой рентабельности предприятий, отсутствия средств на приобретение нового оборудования и модернизацию существующего, важно достичь наибольшей эффективности эксплуатируемых ШСУ. В первую очередь следует обратить внимание на режимы работы оборудования. Их улучшение не требует значительных материальных затрат и может оказаться достаточно весомым. Решению проблемы должно способствовать как совершенствование действующего оборудования и его эксплуатации, так и снижение непроизводительных затрат электроэнергии.

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 контролеры. 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 функцио-

нирования объекта, обеспечит анализ производственной ситуации, прогнозирование и оптимизацию режимов работы оборудования.

Целью работы является совершенствование 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 (рис. 1).

В первую группу входят показатели, которые характеризуют этапы внедрения: разработка проекта, поставка 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: характер технологического процесса, безопасность эксплуатации, информационное обеспечение, автоматизация процесса управления и управляющие воздействия.

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

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:

- разработка необходимых схем;
- разработка и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности;
- оценка эксплуатационных данных изделия;
- проверка соответствия принятых решений требованиям техники безопасности и производственной санитарии;
- составление уточненного перечня работ, которые следует провести на стадии разработки рабочей документации в дополнение и (или уточнение) 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.

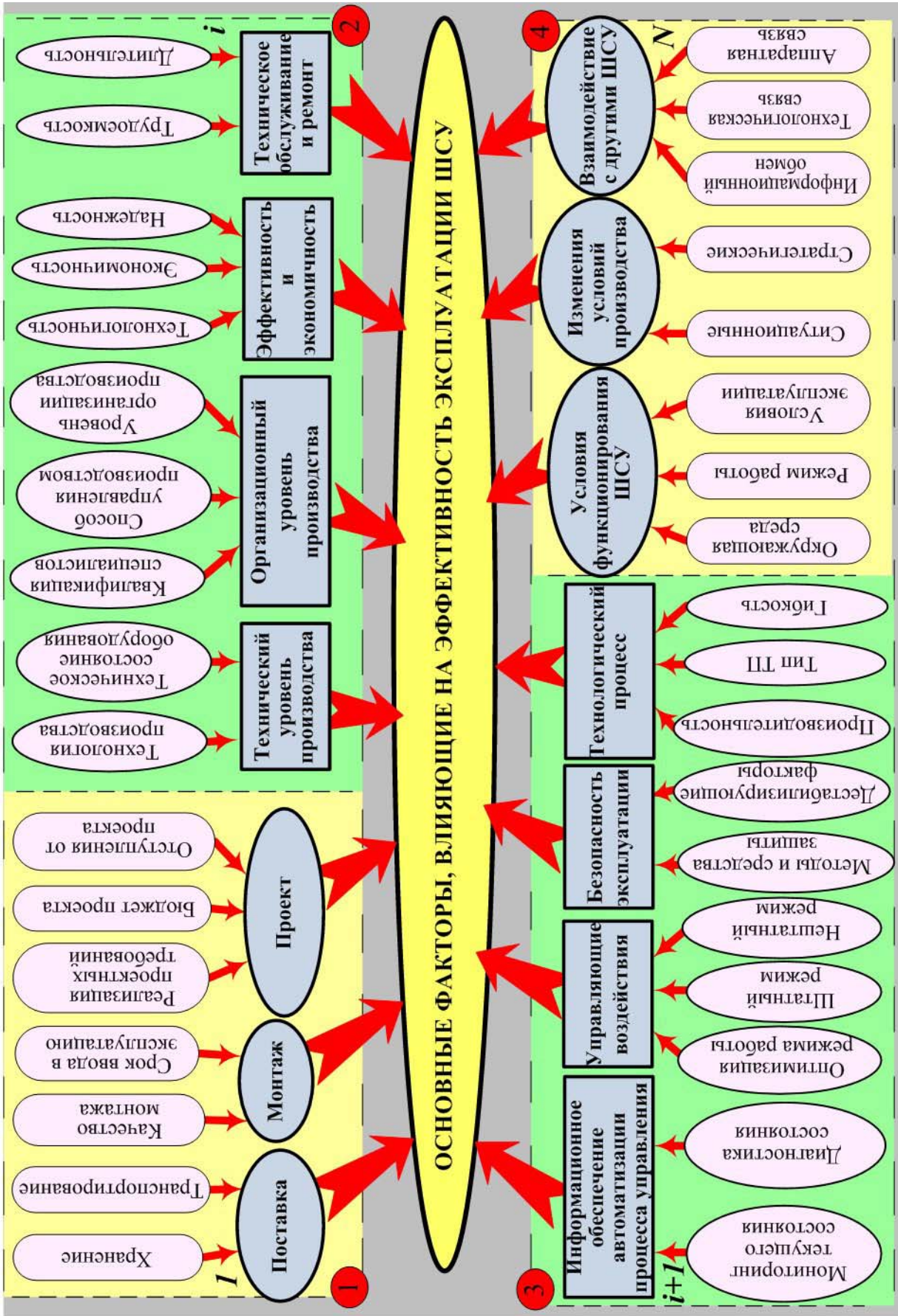


Рисунок 1 – Основные факторы эффективности эксплуатации ШСУ

Оценку эффективности управления производством можно рассматривать как процесс, состоящий из взаимосвязанных этапов. Задачей первого этапа является качественная и количественная характеристика критерия эффективности управления. Достижение цели служит качественной, а величина социально-экономического эффекта – количественной характеристикой 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: снижение себестоимости продукции и повышение ее качества.

Успешное достижение 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:

- мониторинг загрузки технологических мощностей, регистрация и оповещение об отклонениях технологического процесса от заданных режимов и нормативов;
- расчет отклонений фактических производственных показателей от плановых в реальном времени;
- формирование 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]. 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.

Различаются 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.

Адаптивность может быть достигнута двумя способами:

первый – заложить эксплуатационные параметры, которые обеспечат функционирование ШСУ в пределах изменяющихся условий;

второй – обеспечение гибкости организационной структуры и системы управления ШСУ.

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]. В соответствии с рис. 1, 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 φ_i – i -тый терм из совокупности значимых входных переменных (рис. 1), принимающих значения в соответствии с выбранными функциями принадлежности; ω_j – j -тый терм из совокупности значимых выходных переменных вывода группы сформированных нечётких правил.

База знаний представляется следующим образом:

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

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

Суммарные степени принадлежности μ_{ω_j} объектов φ_i каждой строки базы знаний различным термам ω_j вычисляются из выражения:

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

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

За решения принимаются правила с максимальной степенью принадлежности:

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

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

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

где $\bar{\varphi}_l$ – входной вектор значений пары вида $\{\varphi_i\}_1^N$; ω_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 пере-

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

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

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 пе-

ременной; \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 ω_j ; $\mu_{\omega_j}(\bar{\varphi}_r, \bar{M}, \bar{A})$ – степень принадлежности выхода модели с параметрами \bar{M}, \bar{A} к решению ω_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.

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.

Предложена стратегия оценки оптимального функционирования стационарных установок шахт, учитывающая критерий показатель эффективности оборудования, относящегося к разным группам, с учетом качества эксплуатации ШСУ предприятия. Анализ существующих показателей производства позволяет выделить классы объектов и предложить классифицирующую модель на основе аппарата нечеткой логики как наиболее подходящего для этой задачи инструмента. Использование системы нечеткой логики позволяет классифицировать работу ШСУ, что достаточно точно отражает процесс функционирования объекта, обеспечивает анализ производственной ситуации, прогнозирование и оптимизацию режимов эксплуатируемого оборудования.

В дальнейшем необходимо провести оценку различных исходных параметров функционирования ШСУ предприятий. Решение этой задачи возможно с помощью современных средств контроля и измерения основных параметров работы ШСУ, что позволит получить объективную информацию о текущем состоянии установок.

Список литературы

1. Грядущий Б.А., Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма при эксплуатации горно-шахтного оборудования //Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: Збірник наукових праць. –Вип. 95. – Донецьк: ПАТ «НДІГМ ім. М.М.Федорова», 2002. – С. 23–29.
2. Энергосбережение в угольной промышленности: Монография/ В.И Мялковский, Н.А.Чехлатый, Г.Н. Лисовой, В.В.Лобода, А.Н.Коваль, В.А.Корсун: Под редакцией Б.А.Грядущего. – Донецк: НИИГМ им. М.М.Федорова, 2006. –336 с.
3. Мялковский В.И., Чехлатый Н.А. Мониторинг состояния стационарного оборудования – залог безопасности и надежной эксплуатации // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: Научно-практическая конференция. – МакНИИ, 2004. – С. 453–455
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.