

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕКУЩИХ ПРИОРИТЕТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Горлов А. Н., Бирюлин В. И., Хорошилов Н. В., Ларин О. М., Сергеев С. А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет", (г. Курск, Россия)*

*В статье приводятся исследования направленные на автоматизацию выбора приоритетных мероприятий способствующих улучшению электромагнитной обстановки на объекте электроэнергетики.*

**Постановка проблемы.** Функционирование объектов электроэнергетики выявило проблему электромагнитной совместимости технических средств (ЭМС). В результате неблагоприятной электромагнитной обстановки (ЭМО) микропроцессорное оборудование, устройства защиты и управления электроэнергетического объекта может не-правильно (ложно) работать или выходить из строя. Тем самым происходит нарушение нормального режима электроснабжения потребителей, следовательно, возникает ущерб от недоотпуска электроэнергии. Так же неблагоприятная ЭМО способна оказывать негативное воздействие на персонал объекта и окружающую среду [1,2].

**Цель статьи.** Задача улучшение ЭМО сводится выбору и дальнейшему применению множества организационно-экономических мероприятий. Выбор мероприятий по улучшению ЭМО осложняется тем, что существующее множество мероприятий характеризуется множеством трудноформализованными (неопределенными) и разнородными факторами, которые в конечном итоге влияют на их эффективность или значимость (вес мероприятия). Кроме этого внедрение мероприятий ограничивается объемом денежных

средств выделяемых на изменение ЭМО на объекте.

**Основные материалы исследования.** Необходимость учета неопределенных факторов при изменении ЭМО приводит к применению аппарата нечеткой логики для определения весов мероприятий  $Q_1 - Q_N$  с целью дальнейшего их выбора на основе анализа значимых факторов [3,4].

Оценки весов в составе мероприятий по изменению ЭМО будем считать  $Q_i \in [0, M]$ .

Факторы, влияющие на выбор мероприятий, обозначаются через  $x_1, x_2 \dots x_n$ , тогда модель определения веса  $Q_i$  мероприятий будет представлять функциональное отображение вида:

$$X(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow Q_i[0, M], \quad (1)$$

где  $X$  - вектор влияющих факторов.

При большом числе факторов их влияние удобно классифицировать в виде графа иерархической подчиненности данных факторов (рис. 1).

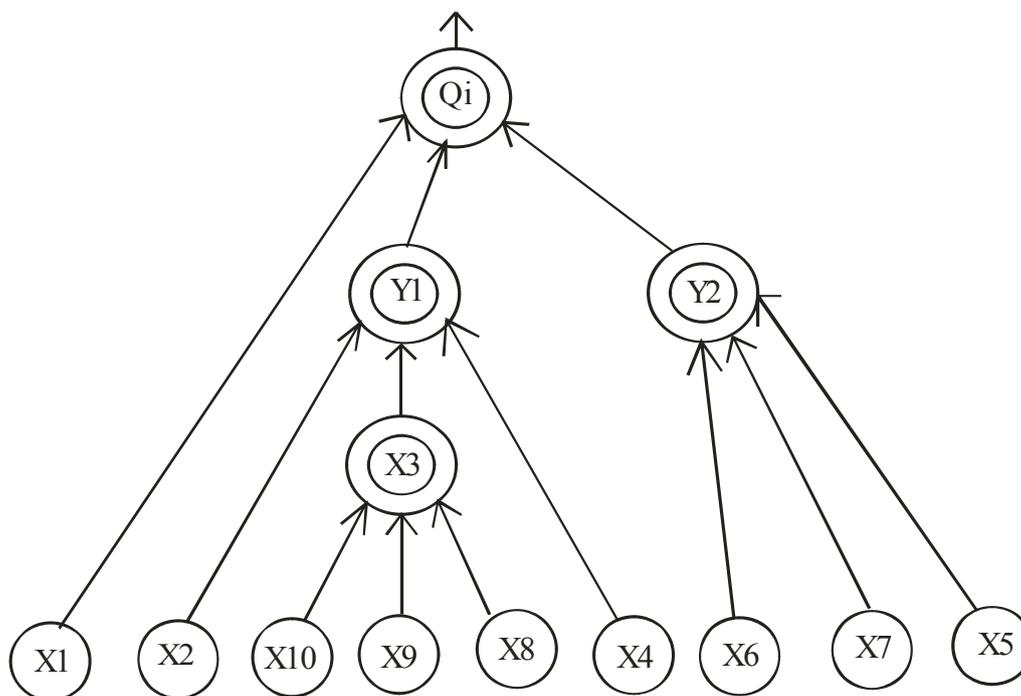


Рисунок 1 - Иерархическая подчиненность факторов

Элементы дерева интерпретируются следующим образом:

- корень графа – эффект мероприятия ( $Q_i$ );
- терминальные вершины - частные влияющие факторы влияния ( $x_1, x_2, x_4 - x_{10}$ );

- нетерминальные вершины (двойные окружности) - свертки влияющих факторов;
- дуги графа, выходящие из нетерминальных вершин - укрупненные влияющие факторы ( $x_3, y_1, y_2$ ). Описание факторов и их веса приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Факторы оценки мероприятия

Наименование фактора	Описание фактора	Тип данных
$y_1$ - технико-экономическая характеристика мероприятия	Экономический эффект от внедрения (снижение ущерба от недоотпуска электроэнергии) или подобная оценка, обслуживание, качество работ, уровень снижения помех	нечеткий
$y_2$ - эксплуатационная характеристика мероприятия	Эксплуатационные и материально-технические показатели	нечеткий
$x_1$ - цена	Капитальные затраты	четкий
$x_2$ - качество проектных решений	Прогрессивные решения и техническая новизна	нечеткий
$x_4$ - сервис при эксплуатации	Эксплуатационные свойства	нечеткий
$x_5$ - качество производственных технологий	Наличие материально-технической базы в организации и её уровень	нечеткий
$x_6$ - кадровое обеспечение	Наличие квалифицированного персонала и его уровень	нечеткий
$x_7$ - ранг производителя, степень влияния	Опыт применения мероприятия. Степень влияния на персонал и окружающую среду	нечеткий
$x_8$ - снижение уровня ЭМО	Степень снижения ЭМО и ущерба	четкий
$x_9$ - степень влияния влажности	Степень влияния влажности на ЭМО	нечеткий
$x_{10}$ - степень влияния осадков	Степень влияния типа и интенсивности осадков	нечеткий

Свертки  $f_{Q_i}, f_{y_1}, f_{y_2}, f_{x_3}$  осуществляются посредством логического вывода по нечетким базам знаний.

Для определения значения итогового веса  $Q_i$  используется база нечетких правил, которые с использованием трех лингвистических значений (Высокий, Средний, Низкий) вычисляют лингвистические значения веса. Для принятия решения, касающегося оценки мероприятий как алгоритмическая основа применяется алгоритм Мамдани. Его сущность сводится к выполнению шести стандартных этапов. [4,5].

Формирование подмножества приоритетных мероприятий  $RM$  основано на разработанном методе выбора, позволяющем упорядочить и итерационно отыскивать текущие приоритетные мероприятия. Сущность метода сводится к выполнению следующих этапов:

- 1) вычисление нечетких весов мероприятий на основе первичных факторов  $x_1-x_{10}$ ;
- 2) переход к количественным оценкам и вычисления рангов мероприятий;
- 3) анализ рангов мероприятий и выбора текущего приоритетного мероприятия по максимальному рангу;
- 4) добавление мероприятия и проверка превышения выделенного объема финансирования мероприятий.

Содержание и элементы новизны данного метода определяются следующими моментами.

На первом этапе в силу доминирования нечетких данных среди первичных факторов  $x_1-x_{10}$  выполняются вычисления по специальному дереву факторов на основе разработанных нечетких правил. В результате формируются нечеткие веса  $NQ$  мероприятий, являющиеся базой для последующего анализа. Вес мероприятия будет определяться на основе логических правил вида:

*Если УСЛОВИЕ ( $\&X_k$ ), то ЗАКЛЮЧЕНИЕ (нечеткий вес  $NQ$ ),*

где  $k$  – количество входных переменных.

В итоге, на первом и втором этапах метода выбора установлено функциональное отображение вектора первичных (нечетких) факторов в количественные значения весов  $Q$  мероприятий:

$$X(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow Q[1 \dots Z]. \quad (2)$$

Третий этап метода выбора заключается в вычислении рангов  $R$  мероприятий. Под рангом понимается

эффективность мероприятий, оцениваемая по двум независимым переменным (количественный вес  $Q$  и стоимость  $K$  мероприятия) и вычисляемая следующим образом:

$$R = \frac{Q}{K}. \quad (3)$$

Вычисление рангов  $R$  мероприятий может приводить, в общем случае, к формированию конфликтного списка мероприятий, неразличимых по рангу. В этом случае для выбора текущего приоритетного мероприятия привлекаются экспертные оценки. В итоге третий этап завершается выбором текущего приоритетного мероприятия, имеющего максимальный ранг.

Четвертый этап метода выбора связан с добавлением нового мероприятия в подмножество приоритетных мероприятий  $RP$  и проверки превышения выделенного объема  $V$  финансирования мероприятий от суммарной стоимости всех выбранных мероприятий.

Таким образом, новизна разработанного метода выбора множества приоритетных мероприятий связана, во-первых, с применением правил нечеткого логического вывода, вычисления нечетких и количественных весов мероприятий на основе дифференцирования первичных факторов по смысловым группам. Второй признак новизны метода определяется введением и вычислением комбинированного показателя эффективности мероприятия (его ранга), что в целом позволяет сформировать множество приоритетных мероприятий по изменению состояния ЭМО на ЭСО при ограниченном объеме финансирования.

На основе метода выбора разработан алгоритм, предназначенный для формирования обоснованных управленческих решений направленных на изменение ЭМО. Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 2

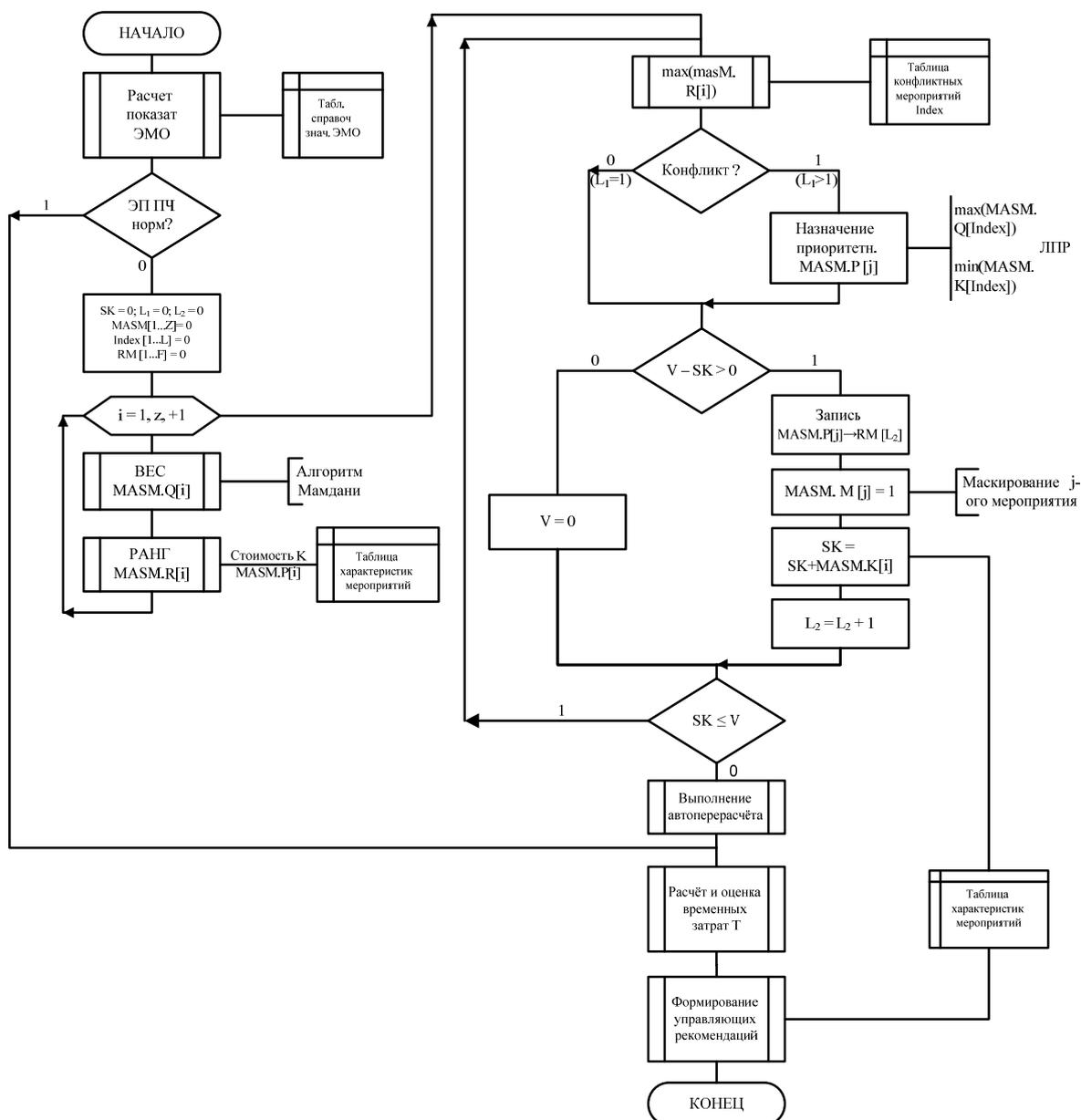


Рисунок 2 - Блок – схема алгоритма управления состоянием ЭМО

Для формализации вычислительных действий в алгоритм управления состоянием ЭМО введены следующие структуры данных:  $MASM[1..Z]$  – массив записей мероприятий,  $RM[1..F]$  – массив индексов приоритетных мероприятий ( $F \leq Z$ ),  $Index [1..L]$  – список конфликтных мероприятий,  $V, SK$  – переменные объема финансирования и текущей накопленной суммы выбранных мероприятий,  $L_1, L_2$  – индексы структур  $Index$  и  $RM$ . Каждая запись в  $MASM$  состоит из 5 полей:  $NAME$  – имени мероприятия,  $P$  – номера мероприятия,  $Q$  – веса мероприятия,  $R$  – ранга мероприятия,  $M$  – маски мероприятия.

Содержательная сущность алгоритма связана с выполнением расчетно-поисковых действий и формированием управляющих рекомендаций.

Расчетные шаги алгоритма связаны с вычислениями ЭМО и времени безопасного нахождения персонала в зоне действия помех, а также выработке на их основе для лица, принимающего решения (ЛПР) альтернатив управляющих решений. Поисковые шаги, связанные с вычислениями весов, рангов мероприятий и итерационным поиском приоритетных мероприятий по максимальному рангу, составляют ядро алгоритма и определяют формирование для ЛПР управляющих решений организационного характера.

Основу поисковых действий составляет цикл с постусловием проверки превышения объема финансирования  $V$  от множества выбранных приоритетных мероприятий  $RM$ , имеющих текущую накопленную сумму  $SK$ . В том числе новизна алгоритма связывается с обработкой элементов  $MASM [1..Z]$ , ранжированных по полю  $R$ , и разрешением конфликта неразличимых по  $R$  приоритетных мероприятий, выделенных в отдельную структуру  $Index$ . Для разрешения конфликта в алгоритме предусмотрены следующие шаги:

1) предварительная проверка остатка объема финансирования со стоимостными затратами конфликтующих мероприятий, что позволяет уменьшить мощность  $Index$ ;

2) предоставление выбора ЛПР функции определения индекса текущего приоритетного мероприятия из  $Index$  как максимальной по полю "вес" ( $MASM.Q$ ) или минимальной по полю "стоимость" ( $MASM.K$ ) мероприятия.

Вычисленное множество приоритетных мероприятий  $RM$  служит основой для формирования качественных и обоснованных управляющих рекомендаций для управления ЭМО за счет учета расширенного набора показателей внутренней и внешней среды.

**Выводы.** Метод и алгоритм выбора мероприятий по изменению ЭМО способствуют повышению обоснованности и качества управляющих решений по нормальному функционированию объектов электроэнергетики на основе автоматизации бизнес-процессов управления системой организационно-технических мероприятий и достижения тем самым экономического эффекта.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 - 2013 годы.

#### Список используемых источников

1. Горлов, А. Н., Бирюлин, В. И., Хорошилов, Н. В., Ларин, О. М. Организация выбора мероприятий по улучшению электромагнитной обстановки [Текст] / А. Н. Горлов [и др.] // Естественные и технические науки. 2009. №3. С. 297-299.

2. Горлов, А. Н. Анализ мероприятий по улучшению электромагнитной обстановки на объектах электроэнергетики [Текст] / А. Н. Горлов // Перспективные инновации в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. Одесса, 2008. С. 8-11.

3. Горлов, А. Н., Бирюлин, В. И., Хорошилов, Н. В., Ларин, О. М. Определение электромагнитной обстановки на объектах электроэнергетики [Текст] / А. Н. Горлов [и др.] // Традиции, тенденции и перспективы в научных исследованиях: сб. науч. тр. / ИНЭКА. Чистополь. С. 85-86.

4. Геловани, В. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях [Текст] / В. А. Геловани [и др]. М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 304 с.

5. Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике [Текст] / Под ред. А. Ф. Дьякова. – М.: Издательство МЭИ, 1994. – 216 с.

#### Анотація

#### АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИБОРУ ПОТОЧНИХ ПРІОРИТЕТНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СТАНУ НА ОБ'ЄКТАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Горлов А. Н., Бирюлін В. И., Хорошилов Н. В., Ларин О. М., Сергеев С. А.

У статті наведені дослідження направлені на автоматизацію вибору пріоритетних заходів щодо поліпшенню електромагнітного стану на об'єктах електроенергетики.

#### Abstract

#### AUTOMATION SELECTION OF CURRENT PRIORITY ACTIONS FOR IMPROVEMENT OF ELECTROMAGNETIC CONDITIONS ON ELECTRIC POWER INDUSTRY OBJECTS

A. Gorlov, V. Biryulin, N. Khoroshilov, O. Larin, S. Sergeev

In the article researches directed on automation of a choice of priority actions promoting improvement of electromagnetic conditions on object of electric power industry are resulted.