

УДК 621.311: 65.011.56

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ УГРОЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ОБЪЕКТОВ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**В. С. Микшина, И. А. Шайторова, С. А. Лысенкова**

*Сургутский государственный университет*

*mikshinavs@gmail.com, sh\_irina@mail.ru, lsa1108@mail.ru*

Предложена разработка интеллектуальной информационной системы, совмещающей ситуационный подход и методы статистического контроля за процессами. Главной целью является выявление и предупреждение угроз аварийных остановов в работе котельных. Исходные данные фильтруются, далее строятся контрольные карты, определяющие границы стабильного состояния работы котельных. Система оперативно сигнализирует о любых отклонениях в ходе процесса выработки теплоэнергии. Правила карт Шухарта ложатся в основу классификации внештатных ситуаций и вносятся в базу знаний системы, где каждому классу соответствует одно из возможных базовых решений.

*Ключевые слова:* ситуационное управление, фильтрация данных, контрольные карты Шухарта, классификация.

## THREAT IDENTIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS AT OIL INDUSTRY FACILITIES

**V. S. Mikshina, I. A. Shaitorova, S. A. Lysenkova**

*Surgut State University*

*mikshinavs@gmail.com, sh\_irina@mail.ru, lsa1108@mail.ru*

The development of an intelligent information system combining a situational approach and methods of statistical control over processes is proposed. The main goal is to identify and prevent the threat of emergency shutdowns in the boiler room. The initial data is filtered, then control charts are constructed, which determine the limits of the stable state of operation of the boiler rooms. The system promptly signals any deviations during the process of heat generating. The rules of Shewhart control charts form the basis for classification of emergency situations and are entered into the system's knowledge base, where each class corresponds to one of the possible basic solutions.

*Keywords:* situational management, data filtering, Shewhart control charts, classification.

**Введение.** Одним из приоритетных направлений развития энергетического сектора РФ является необходимость повышения энергоэффективности. Энергоэффективность понимается как совокупность характеристик, которые отражают частное от отношения коэффициентов полезного эффекта использованных ресурсов к затратам ресурсов, а управление энергоэффективностью – это знаменатель, то есть потребление ресурсов при одинаковом значении отношения [1–4].

Для решения задач оптимизации энергоэффективности существующим автоматическим системам диспетчерского управления (далее – АСДУ) не хватает интеллектуального «ядра», которое бы помогало диспетчерскому персоналу при возникновении внештатных ситуаций [5, 6].

Подсистема ситуационного управления поведением энергообъектов является альтернативным и менее затратным способом внедрения изменений в существующие системы управления.

Известны примеры использования данного подхода в сфере электроэнергетики [7, 8].

Идентификация угроз аварий в работе объектов нефтяной промышленности на основе принципов ситуационного управления является целевой установкой.

**Ситуационное управление.** Под ситуационным управлением понимается метод управления сложными объектами на основе результатов интерпретации ситуаций [9].

Цель данного метода заключается в использовании «макроописаний», которые заменяют несколько исходов решения задачи и позволяют сократить варианты перебора [10].

Ситуационное управление используется:

- 1) для неформализованных или слабо формализованных систем;
- 2) для систем с непостоянной структурой функционирования объекта управления;
- 3) для систем с нечетко заданными критериями;
- 4) для систем, в которых присутствует человеческий фактор [11].

Структура системы ситуационного управления изображена на рис. 1.



Рис. 1. Структура системы ситуационного управления

**Математическое обеспечение исследования.** Рассмотрены исходные данные с датчиков, регистрирующих показания на трех газовых котельных установках. Техническое обеспечение средствами измерения рассматриваемых котельных позволяет вести наблюдение за 31 параметром работы оборудования котельной. Среди них ранее были выявлены 3 наиболее значимых параметра:

1. Расход воды.
2. Расход топлива.
3. Расход электроэнергии.

По выбранным параметрам имеются массивы данных в виде значений почасового показания датчиков за 4-летний период. Значения, полученные с датчиков, очищаются от нестационарного шума, например, от импульсных помех.

Одним из инструментов очистки данных является медианный фильтр. Он представляет собой фильтр, возвращающий на каждом шаге один из элементов, попавших его в окно (размер окна выбирается произвольно, из множества нечетных натуральных чисел). Значения, попадающие в окно, сортируются по возрастанию, и в качестве искомого значения выбирается медиана [12].

На рис. 2 представлен фрагмент фильтрации показаний расхода воды медианным фильтром (размер окна равен пяти).

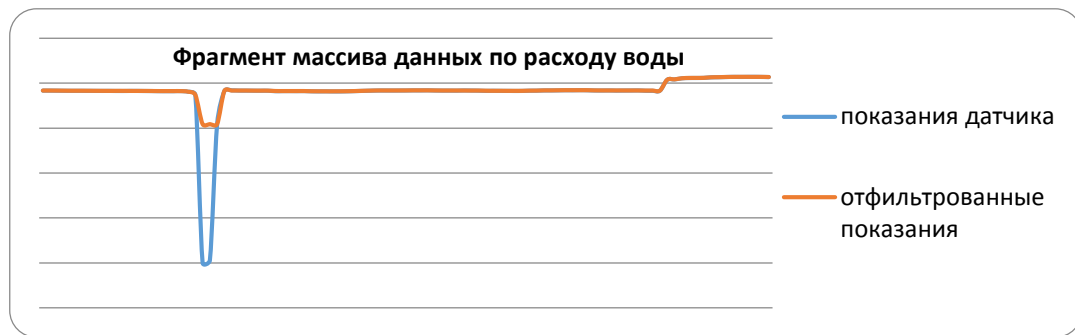


Рис. 2. Медианная фильтрация данных

Очищенные данные необходимо проанализировать. Инструментом анализа выбраны карты Шухарта.

Карта Шухарта имеет две контрольные границы относительно центральной линии, которые называются верхней контрольной границей (UCL) и нижней контрольной границей (LCL).

В исследовании были построены карты размахов и карты средних значений подгрупп всех трех ключевых параметров работы котельных. Границы в этом случае рассчитываются пропорционально размахам и на основании инженерных коэффициентов, приведенных в ГОСТ Р 50779.42-99 [13].

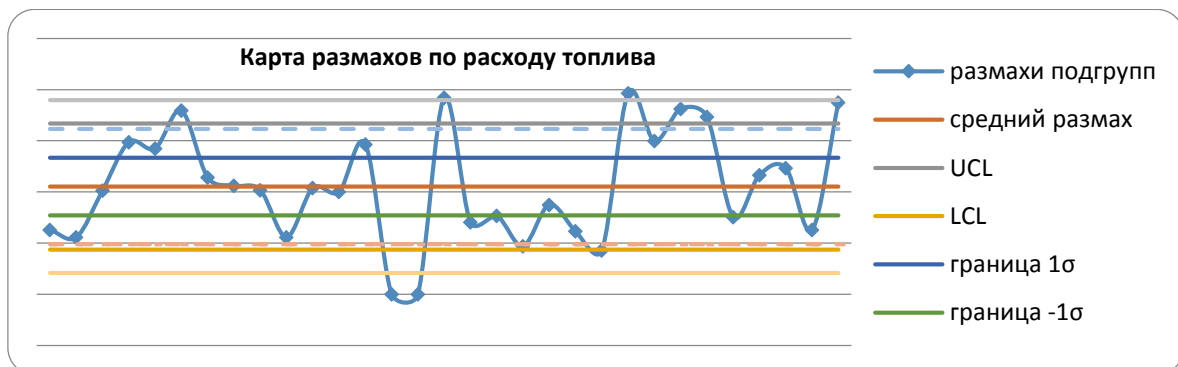


Рис. 3. Карта размахов подгрупп значений расхода топлива

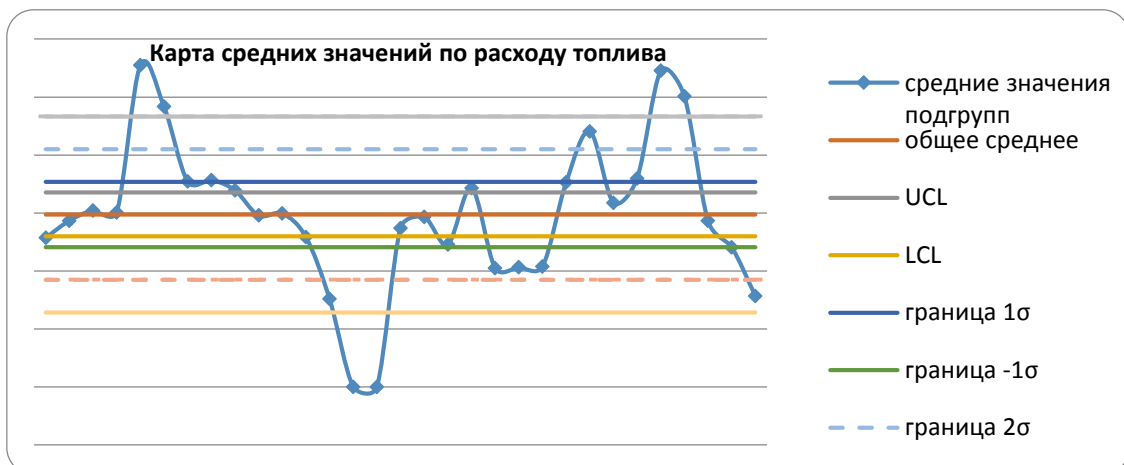


Рис. 4. Карта средних значений подгрупп по расходу топлива

На рис. 3, 4 из общей выборки взят фрагмент данных за один месяц, в котором наблюдается очевидный статистически неконтролируемый процесс. В середине выбранного месяца был произведен аварийный останов котла. До этого момента наблюдается разброс средних значений, а также разная амплитуда размахов между подгруппами.

В ГОСТе Р 50779.42-99 приведены критерии, которые определяют неслучайные причины отклонений в ходе процессов.

**Интеллектуальная информационная система предварительного оповещения «Pre-Alarm».** Целью системы является идентификация угроз выхода процесса выработки тепловой энергии из состояния статистической управляемости.

Структура разрабатываемой интеллектуальной информационной системы предварительного оповещения «Pre-Alarm» приведена на рис. 5.

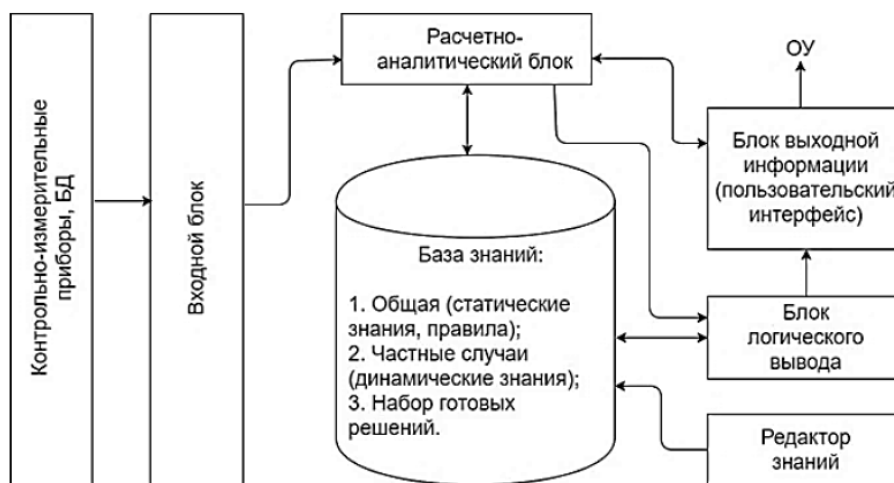


Рис. 5. Структура интеллектуальной информационной системы предварительного оповещения «Pre-Alarm»

Входной блок фильтрует поступающие данные. Расчетно-аналитический блок строит карты и интерпретирует их. База знаний сконструирована по принципу классификаторов в системах ситуационного управления – множества структур контрольных карт [14] обобщаются до уровня классов по критериям карт Шухарта (например, класс ситуаций «Выход за контрольные границы» соответствует критерию карт Шухарта с одноименным названием, и в этот класс попадают все случаи, при которых значения параметров так или иначе пересекают контрольные пределы). База знаний содержит ранее идентифицированные модели ситуаций, набор готовых решений к ним, сведения о степени влияния узлов оборудования друг на друга в виде корреляционной матрицы, продукционные правила для блока логического вывода.

Рассмотрим более подробно по какому принципу происходит обобщение ситуаций до уровня классов.

**Процедура обучения.** Составляется специальная двувходовая обучающая таблица: в левой половине перечисляются микроописания, а в правой – те элементарные решения, которые, по мнению экспертов, следует принять в этой ситуации. При этом в правой половине таблицы может быть указано не одно, а несколько таких решений.

С помощью этой таблицы формируются обобщенные описания различных уровней. Будем представлять микроописания в виде мультиграфов, вершины которых соответствуют понятиям и именам, а дуги – отношениям (рис. 6).

На нижнем уровне мультиграфа отображаются текущие ситуации. Заштрихованные вершины соответствуют понятиям, которые имеются в описании данной конкретной ситуации. Выше идут уровни обобщения. Между обобщенными понятиями тоже устанавливаются отношения, но они взвешиваются некоторыми нечеткими кванторами.

На самом верхнем уровне обобщения находятся базовые решения, которые рекомендуется принимать при появлении данной фактической микроситуации на нижнем уровне.

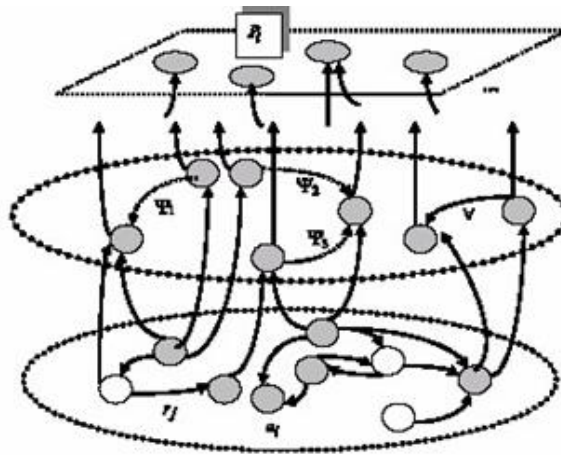


Рис. 6. Мультиграф обобщения ситуаций

Правила карт Шухарта, отражающие выход процесса из состояния статистической управляемости, будут определять соответствующие классы ситуаций. Приведем данные классы для разрабатываемой системы:

- класс ситуаций – выход за границы контроля;
- класс ситуаций – тренд;
- класс ситуаций – серия;
- класс ситуаций – цикл;
- класс ситуаций – зигзаг;
- класс ситуаций – приближение к контрольным границам;
- класс ситуаций – выход за  $\pm 1\sigma$ .

Коэффициент возможностей процесса  $PCI < 1$  (применим ко всем классам).

Блок логического вывода занимается поиском соответствий и выбором решения. В любом случае, найдено решение или нет, оператор получает системное оповещение об отклонении в процессе.

Система Pre-Alarm была испытана с использованием экспериментальных данных. При задании эталонных значений в меню «Настройки» система автоматически строила контрольные карты с отображением значимых границ по всем контролируемым параметрам. При отклонениях на панель подается звуковой сигнал, а на дисплее отображается тревожный индикатор на соответствующем узле оборудования.

**Выводы.** Полученные результаты являются начальным шагом к более глубокому исследованию ситуационного управления в сфере электроэнергетики. Предстоит немало работы по формальному описанию и классификации ситуаций в рамках технологического процесса, поскольку классы отражают лишь базовые критерии карт Шухарта и не способны охватить все множество реальных ситуаций на производстве.

## Литература

1. Максимюк Е. В. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений по управлению энергоэффективностью источников теплоснабжения: дис. ... канд. техн. наук. Сургут : Сургут. гос. ун-т, 2015. 138 с.
2. Максимюк Е. В., Микшина В. С. Математическое моделирование для поддержки принятия решений в области обеспечения энергетической эффективности // Качество. Инновации. Образование. 2014. № 8 (111). С. 54–63.

3. Микшина В. С., Назина Н. Б., Шайторова И. А. Прогнозирование внештатных ситуаций в электроэнергетике на основе методов статистического управления // Вестник кибернетики. 2015. № 3 (19). С. 203–208.
4. Микшина В. С., Шайторова И. А. Прогнозирование внештатных ситуаций в электроэнергетике на основе техники контрольных карт // Междунар. конф. «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе». Сургут, 16–20 мая 2016 г. : тезисы докладов. Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. С154–156.
5. Буткевич А. Ф. Некоторые практические вопросы интеллектуализации компонентов АСУ ТП электроэнергетических объектов // Электротехн. рынок. № 3 (21), май-июнь 2008. URL: <http://market.elec.ru/> (дата обращения 20.11.2018).
6. Прохоренко А. М. Качала Н. М. Оптимизация режимов работы систем теплоснабжения объектов коммунальной энергетики методами ситуационного управления // Фундаментал. исслед. 2012. № 9. С. 672–677.
7. Чукреев Ю. Я. Прототип экспертной системы советчика диспетчера региональной ЭЭС [Электронный ресурс] : Материалы семинара Ин-та соц.-экон. и энергетич. проблем Севера Коми науч. центра УрО РАН. URL: <http://www.energy.komisc.ru/seminar/Chukr1.pdf> (дата обращения 26.11.2018).
8. Ромодин А. В., Лейзгольц Д. Ю. Модель системы ситуационного управления гибкими линиями электропередачи в нормальных режимах работы // Соврем. проблемы науки и образования. 2013. № 6.
9. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М. : Наука, 1986. 288 с.
10. Будагьянец Н. А. Основополагающие принципы ситуационного управления [Электронный ресурс] : материалы из центра дистанционного образования Элитариум. URL: <http://www.elitarium.ru> (дата обращения 18.11.2018).
11. Поспелов Д. А. Большие системы (ситуационное управление). М. : Знание, 1975. 64 с.
12. Медианная фильтрация [Электронный ресурс] : материал из Национальной библиотеки им. Н. Э. Баумана. URL: <http://ru.bmstu.wiki/> (дата обращения: 25.03.2017).
13. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты средних арифметических с предупреждающими границами. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. 32 с.
14. ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011 Статистические методы. Контрольные карты. Ч. 1. Общие принципы. М. : Стандартиформ, 2012. 16 с.