

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ УГЛЕЙ)

Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, О.Ф. Блохина (СПГИ)

В статье рассматривается реализация фреймово-продукционной методики при проектировании автоматизированного обучающего комплекса (АОК) для операторов процесса коксования углей.

Опыт эксплуатации сложных, потенциально опасных химико-технологических объектов управления (ОУ) показывает, что для повышения качества управления такими объектами необходимо постоянно повышать квалификацию управленческого персонала (операторов). Учитывая сложность и потенциальную опасность химических производств, особую актуальность приобретает проблема разработки компьютерных тренажерных комплексов для обучения персонала, аккумулирующих всесторонние знания экспертов о процессе и допускающих возможность настройки на различные варианты аппаратно-технологического оформления процесса.

Структура типовой системы обучения и тренажа и методика проектирования интеллектуальных тренажерно-обучающих комплексов для операторов потенциально опасных химико-технологических процессов предложена в [1]. На рис. 1 представлена типовая структура системы обучения и тренажа. Согласно [1] типовая структура системы обучения и тренажа включает следующие модели: ОУ; стратегии обучения; обучаемого; контроля знаний. В основе методики лежит фреймовый подход к описанию процесса как ОУ и обучения и продукционный алгоритм синтеза обучающего комплекса на основе анализа разработанного фреймового описания.

Процесс коксования угольной шихты проводится в специально сконструированных агрегатах – коксовых печах, которые для удобства объединяют коксовые батареи. Анализ коксовых печей, как ОУ, позволил выделить входные/выходные потоки. Каждый рассматриваемый параметр может быть отнесен либо к характеристикам одного из потоков, либо к характеристикам печи в целом. Как ОУ коксовая батарея может быть описана следующим набором векторов:

– входные переменные: $X=\{X1, X2\}$ – характеристики шихты и отопительного газа соответственно;

– управляющие переменные: $U=\{U1, U2, U3\}$ – расход отопительного газа, время оборота коксовой печи, высота факела горения соответственно;

– возмущающие воздействия: $F=\{F1, F2\}$ – характеристики окружающей среды, разрушения кладки соответственно;

– выходные переменные: $Y=\{Y1, Y2, Y3, Y4\}$ – характеристики кокса, продуктов коксования и сгорания, сухого обратного коксового газа.

Таким образом, как ОУ коксовая батарея может быть представлена в виде: $Y=F(X, U, F)$.

Формализованное описание процесса коксования, включающее анализ всех его изменяющихся характеристик, разработано на основе изучения процесса как объекта экспертного анализа: $K=\{T, C, Pr, ОСр, РБ\}$, где $T=\{ТП, К, Г, ПГ, П\}$ – вариант аппаратно-технологического оформления коксовой батареи (всего возможно 48 вариантов), ТП – тип печи (с парными вертикалами и регенерацией – ПВР; с перекидными каналами – ПрК), К – тип кладки (динасовая, шамотная), Г – отопительный газ (доменный, коксовый), ПГ – подвод отопительного газа (нижний, боковой, верхний), П – поток (восходящий, нисходящий); С – характеристика сырья: месторождение, компонентный состав, влияние состава сырья на параметры ведения процесса и показатели работы коксовой батареи (вектора $X1, X2$); $Pr=\{Д, Л, ЦМ, Э, АР\}$ – тип получаемого продукта (кокса): Д – доменный, Л – литейный, ЦМ – для цветной металлургии, Э – для электротермии, АР – для агломерации руд; ОСр – характеристики окружающей среды (вектор $F1$), РБ – степень разрушения батареи (вектор $F2$).

Коксохимическая батарея является источником газообразных выбросов вредных веществ в атмосферу таких, как сажа, пыль, аммиак, бенз[а]пирен, сероводород, диоксид серы, сернистый газ, угарный газ, ок-



Рис. 1. Типовая структура системы обучения и тренажа

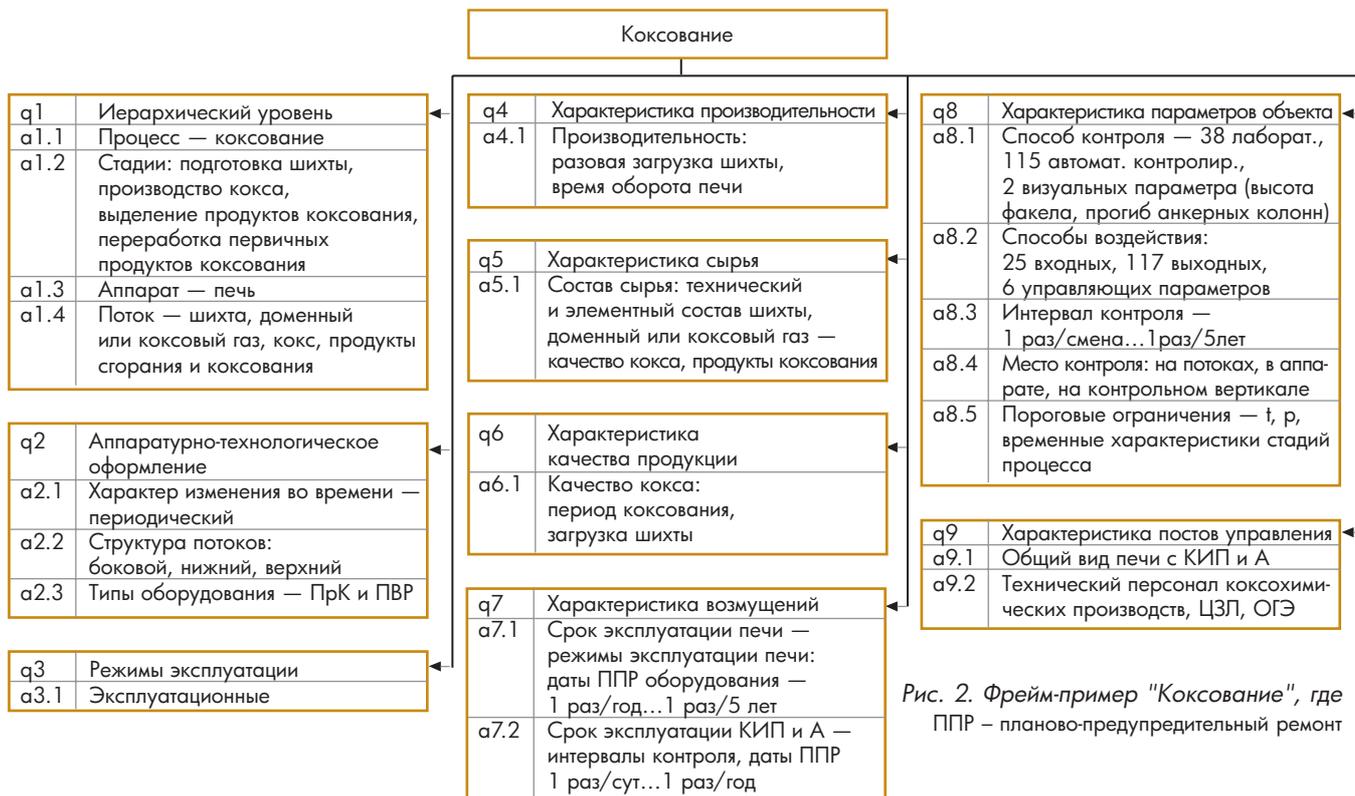


Рис. 2. Фрейм-пример "Коксование", где ППР – планово-предупредительный ремонт

сид азота, бензол, циановодород. Поэтому управленческому персоналу необходимо получать навыки безопасного, с точки зрения экологии, ведения процесса, а также изучать способы ликвидации ситуаций негативного воздействия на окружающую среду.

Процесс коксования характеризуется наличием аварийных, предаварийных, эксплуатационных и оптимальных режимов функционирования. Поэтому в АОК систематизированы данные экспертов, инструкции по периодичности обслуживания для различных вариантов аппаратурно-технологического оформления, описание нештатных ситуаций и ситуаций негативного воздействия на окружающую среду и человека при превышении предельно допустимых выбросов, причин, их вызывающих, и рекомендаций по устранению, знания необходимые для учета возмущений и выбора управлений для их компенсации.

В результате исследования процесса коксования как ОУ, экологического мониторинга, экспертного анализа и обучения заполнены фреймы-примеры "Коксование" (рис. 2), "Режим работы печи", "Коксовая печь", "Качество сырья", "Качество продукции" [2], "Коксохимическое производство-объект экологического мониторинга" (рис. 3).

В качестве обучаемого персонала выбраны операторы процесса и мастера производства. Для этих категорий обучаемых актуальна задача обучения рациональным методам управления процессом, компенсации возможных нарушений, устранения нештатных и аварийных ситуаций, оценки качества управления и технико-экономических показателей, оптимизации работы установки.

В качестве поста управления в АОК разработана динамическая мнемосхема батареи с возможностью изменения числа печей, типа отопительного газа, величин управляющих воздействий, настройки на конкретное коксохимическое производство, отображения данных центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) и отдела главного энергетика (ОГЭ). Полная информационная картина процесса позволяет управленческому персоналу анализировать ТЭП процесса и изучать способы эффективного управления. Реализован "пульт оператора", позволяющий отображать текущие значения контролируемых переменных и сигнализировать (подсветка и звуковой сигнал) наличие нештатной ситуации и ситуации негативного воздействия на окружающую среду (рис. 4).

В разработанном АОК для операторов процесса коксования применяются все виды моделей представления знаний: информационные – БД технологических параметров процесса [3], геометрических моделей различных типов печей с отображением различных подводов и типов газа; математические модели (ММ) – для материального, теплового, гидравлических расчетов печей, расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу и критерий оптимальности работы коксовой батареи [4, 5]; логико-лингвистические модели – декларативные знания о режимах эксплуатации печи и процедурные знания о рекомендациях по управлению различными типами печей, фреймовая модель описания нештатных ситуаций и ситуаций негативного воздействия на окружающую среду, продукционная модель поиска по запросу при проведении естественно-языковой консультации. Структура информационных связей между объектами БД и знаний показана на рис. 5.

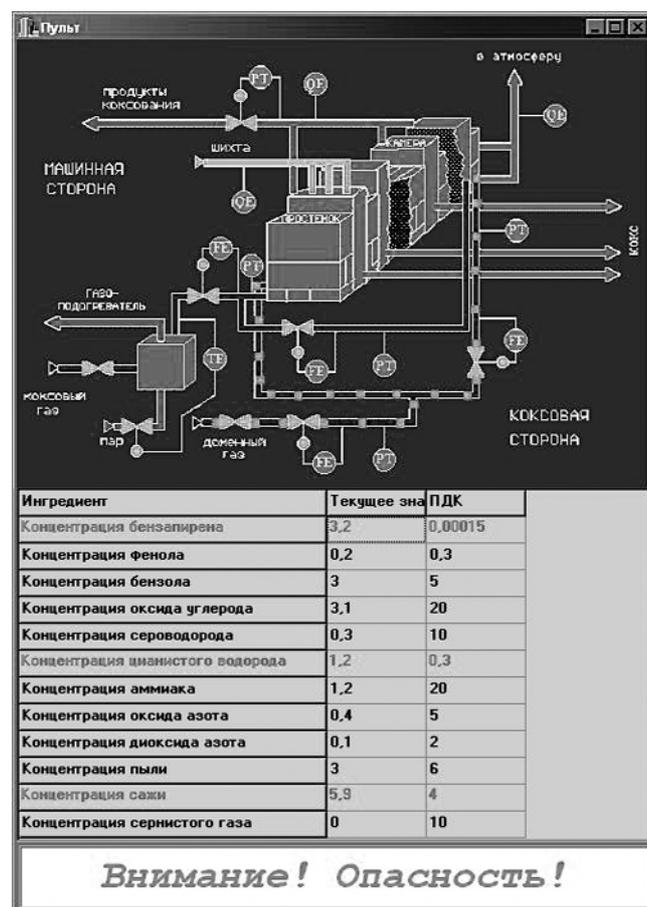
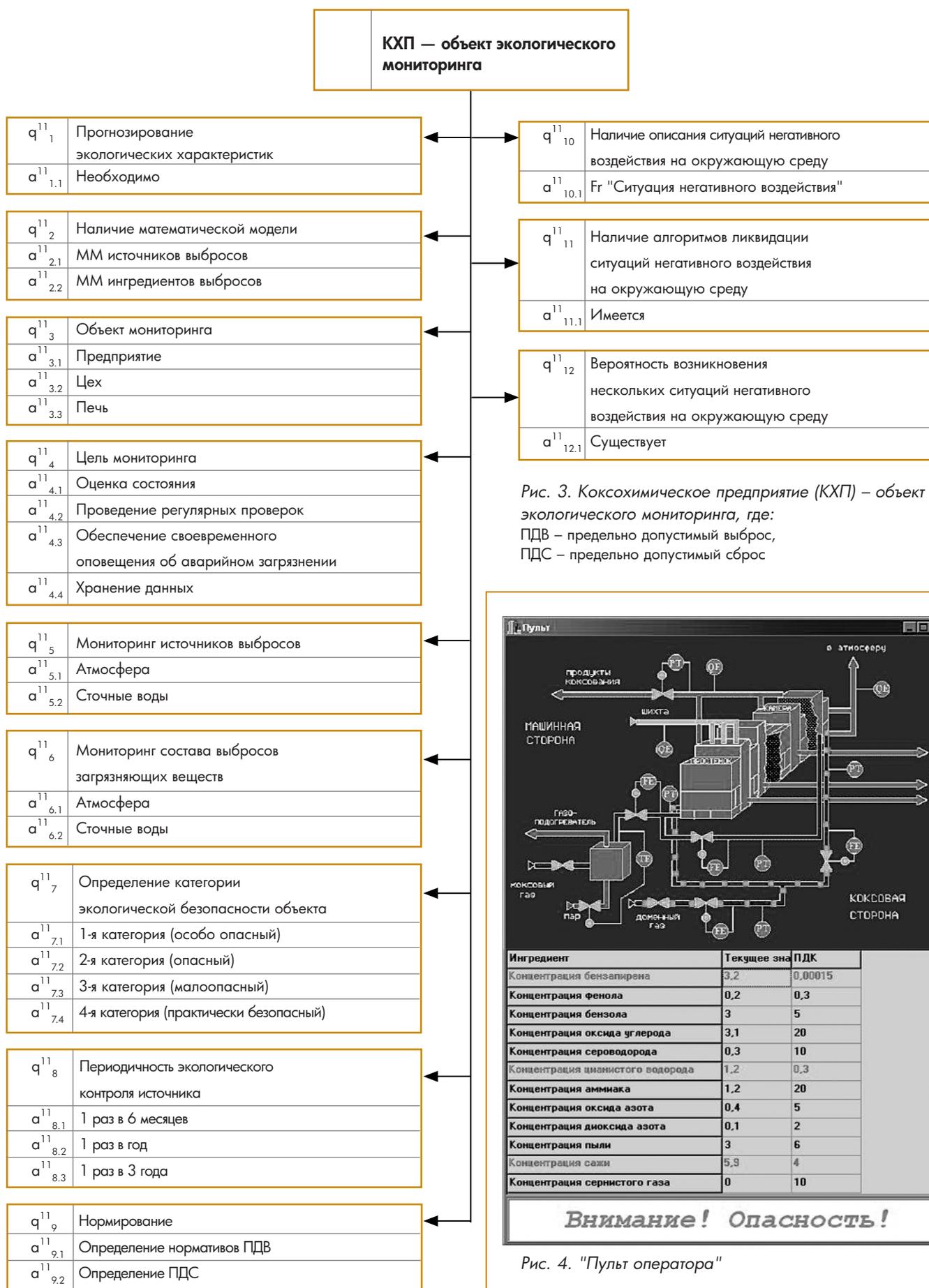


Рис. 4. "Пульт оператора"

Модель стратегии обучения обеспечивает инструктору возможность реализации сценариев изучения режимов эксплуатации и способов управления ими, изучение способов устранения нештатных ситуаций и ситуаций негативного воздействия на окружающую среду, изучение способов оптимального управления с использованием критерия оптимальности, учитывающего технико-экономические и экологические характеристики, причинно-следственных связей с использованием режима консультации на ограниченно-естественном языке.

Для контроля декларативных знаний в АОК используются протоколы обучения с оценкой знаний. Для оценки эффективности тренажа по управлению используются производственные ТЭП батареи, лингвистическая модель последовательности действий обучаемого при устранении нарушений. Оценка эффективности работы с математической моделью и оптимизационным блоком осуществляется по графикам и таблицам расчетов.

В качестве инструментального средства для синтеза АОК процесса коксования выбрана система программирования *Borland C++ Builder*, объединяющая преимущества объектно-ориентированного программирования и широкие возможности разработки графического интерфейса, позволяющая создавать исполняемый модуль, что облегчает перенос АОК с одной модификации ЭВМ на другую и не требует установки дополнительного ПО.

Таким образом, работоспособность предложенной технологии проектирования тренажерно-обучающих комплексов подтверждена при разработке АОК операторов процесса коксования [6, 7, 8, 9]. Разработанное ПО протестировано по данным коксохимического производства АО "Северсталь" (г. Череповец). АОК используется в учебном процессе для студентов специальностей "САПР" и "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов".

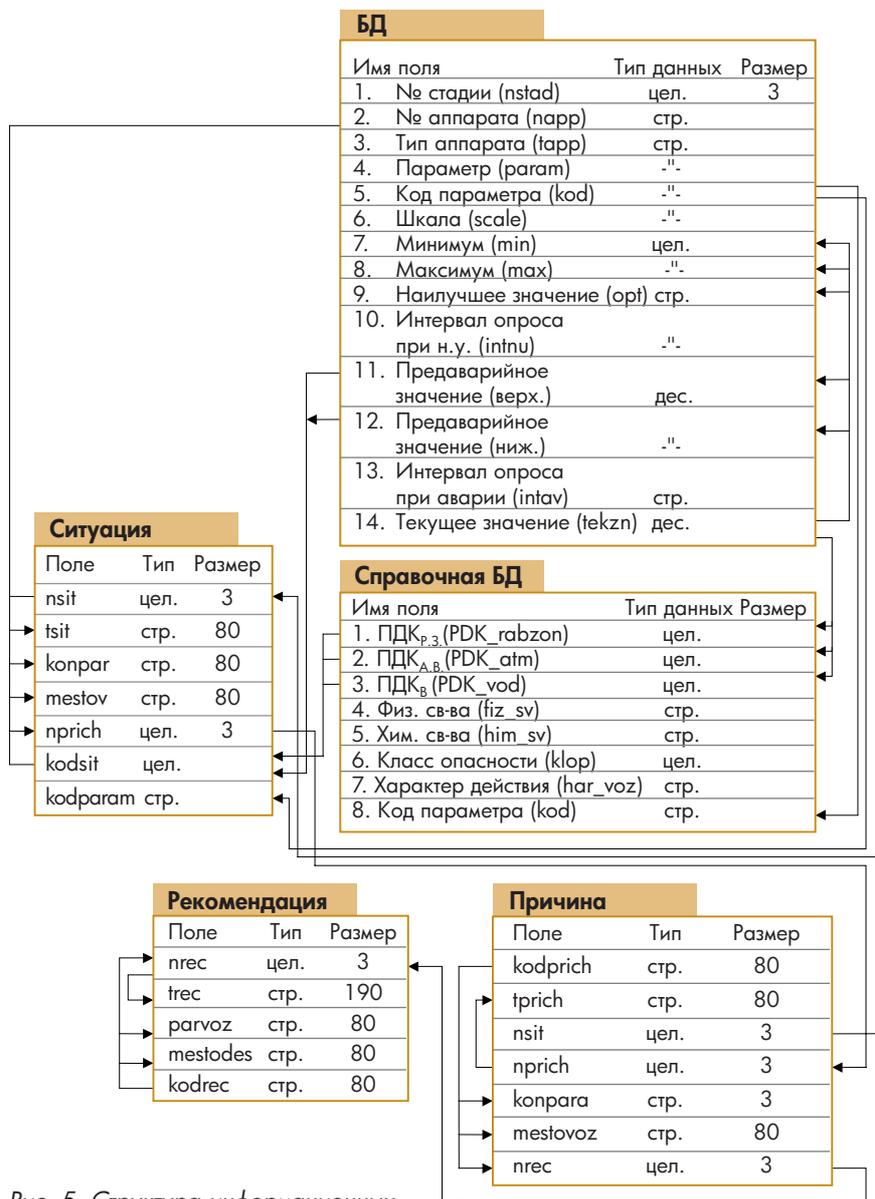


Рис. 5. Структура информационных связей БД и базы знаний, где

ПДК_{р.з.} – предельно-допустимая концентрация (ПДК) воздуха рабочей зоны, ПДК_{а.в.} – ПДК атмосферного воздуха; ПДК_{в.} – ПДК в воде; nsit – номер ситуации; tsit – текст ситуации; konpar – контролируемый параметр при возникновении нештатной ситуации (НС); mestov – место возникновения НС; nprich – номер причины, вызвавшей НС; kodsit – код НС; kodparam – код контролируемого при возникновении НС параметра, kodprich – код причины; tprich – текст причины; konpara – контролируемый при возникновении НС по конкретной причине параметр; mestovoz – место возникновения причины НС; nrec – номер рекомендации; parvoz – параметр, на который оказывается воздействие при выполнении рекомендации по устранению НС; mestodes – место нанесения воздействия при устранении НС; kodrec – код рекомендации

Список литературы

1. Чистякова Т. Б. Интеллектуальные автоматизированные тренажерно-обучающие комплексы в системах управления потенциально-опасными химическими производствами: Диссер. д-ра. техн. наук/ С.Пб., 1997. 485 с.
2. Бойкова О.Г. Гибридная экспертная система для управления процессами коксования: Диссер. канд. техн. наук/ С.Пб. 2000. 193 с.
3. Чистякова Т. Б., Бойкова О.Г., Блохина О.Ф. Информационное обеспечение системы экологического мониторинга// Математические методы в технике и технологи-

- ях – ММТТ – 15: Сб. тр. XV Межд. науч. конф. в 10 т. Т. 4. Секция 4 / Подред. В. С. Балакирева. Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т. 2002. С. 5-7.
4. *Чистякова Т. Б., Бойкова О. Г., Блохина О. Ф.* Система управления и экологического мониторинга коксохимического предприятия // Современные проблемы строительного материаловедения: Матер. 7-х академических чтений РААСН/ Белгород: Белгород. гос. техн. акад. строит. мат. 2001. Ч. 2. С. 385-388.
 5. *Чистякова Т. Б., Бойкова О. Г., Блохина О. Ф.* Информационная система для оценки ресурсосбережения и экологических характеристик работы коксохимической батареи // Тр. конф. "Передовые концепции интегрированной логистики и экономики предпринимательства в условиях устойчивого развития". М. 2002. Т. 3. С. 66-71.
 6. *Чистякова Т. Б., Бойкова О. Г.* Методика формирования гибридной экспертной системы на примере системы управления процессами коксования // Тез. докл. V Межд. науч. конф. "Методы кибернетики химико-технологических процессов" (КХТП-V-99). Сессия "Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов, систем и оборудования". Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. Т. 2. Кн. 1. С. 60-61.
 7. *Чистякова Т. Б., Бойкова О. Г., Блохина О. Ф.* Методика формирования системы управления и экологического мониторинга на примере процесса коксования // Экологические системы и приборы. №8. 2002. С. 3-9. .
 8. *Свидетельство* об официальной регистрации программы для ЭВМ №2000610214 от 23.03.00 // Чистякова Т. Б., Кузнецова Г. В., Бойкова О. Г., Гольцева Л. В. – Российское агентство по патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ).
 9. *Свидетельство* об официальной регистрации программы для ЭВМ №2002610206 от 18.02.02 // Чистякова Т. Б., Бойкова О. Г., Блохина О. Ф. // Там же.

*Чистякова Тамара Балабековна – д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой,
Бойкова Оксана Геннадиевна – канд. техн. наук, старший преподаватель,*

*Блохина Оксана Федоровна – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования и управления
Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).*

Контактный телефон (812) 259-48-70, телефон/факс (812) 316-18-26.

E-mail: sapr@ws01.sapr.pu.ru

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ

В.И. Терешин, О.К. Кузьмина (ЗАО "Техносенсор")

Рассматриваются структура и особенности АСУ учетом потребления газовых ресурсов. В системе используются современные средства GSM-связи.

Природный газ – один из важнейших ресурсов жизнеобеспечения и, по прогнозам специалистов, он будет являться главным топливом наступившего столетия. Проблема повышения экономической эффективности газовых хозяйств обуславливает необходимость рационального распределения и экономически обоснованного использования газовых ресурсов. Представляется целесообразным решать эту задачу комплексно – путем внедрения в региональные газовые хозяйства автоматизированной системы диспетчерского управления и сбора данных.

Сформулируем основные функции, которые должны выполняться системами такого класса:

– сбор информации от систем сигнализации и измерения, установленных на ГРС и ГРП;

– сбор информации о параметрах газового потока с узлов учета природного газа, установленных у потребителей;

– оперативное регулирование подачи газа потребителям при задержках оплаты;

– передача основных технологических параметров и аварийной сигнализации на центральный диспетчерский пункт.

В настоящее время отечественные производители выпускают весьма широкий спектр технических средств, призванных обеспечить выполнение вышеуказанных задач.

Выпускаются газорегуляторные пункты с телеуправлением (например, пункт ПГБ-13-1НУ1 с узлом учета и управления на базе ПТК "СКАТ") и узлы учета расхода газа с выводом информации в устройства телеметрии.

Вместе с тем отсутствуют надежные недорогие средства телеметрии и телеуправления. Решение этой проблемы актуально для телемеханизации устройств ограничения (регулирования) расхода газа (УОРГ), для дооснащения узлов учета и для решения других задач.

Использование сотовой связи GSM для передачи информации и современного микропроцессора ATmega 103 (большие функциональные возможности, микророботное потребление, аналоговые входы, температура окружающей среды – 40...85°C) для обработки данных и диспетчеризации информации позволило создать малогабаритное высоконадежное средство телеметрии и телеуправления – микропроцессорный блок БО-5 (ЗАО "Техносенсор", С-Петербург).