

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ КОКСОВОЙ ПЕЧИ

Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Е.В. Бабина (СПГУ)

Рассмотрен компьютерный обучающий комплекс, базирующийся на технологии имитационного моделирования, предназначенный для тренинга операторов потенциально опасного технологического объекта (коксовой печи), позволяющий исследовать объект изучения в различных режимах функционирования и отработать навыки по оптимальному, безаварийному управлению.

Введение

В настоящее время наиболее рациональным методом повышения квалификации является подготовка и переподготовка оперативного персонала производств на программно-моделирующих технических комплексах и интеллектуальных системах обучения. Повышение уровня обучения производственного персонала приводит к более глубокому знанию причинно-следственных связей в объекте управления, за счет чего грамотнее решаются задачи компоновки оборудования, использования ресурсов управления, выполнения требований технологического регламента, появляются устойчивые навыки выбора управляющих воздействий.

Основной задачей тренажа для оператора потенциально-опасного химического производства является создание возможностей для изучения принципов протекания ТП во всех режимах эксплуатации, распознавания нештатных ситуаций (НС), нахождения причинно-следственных связей, принятия решений по управлению процессом [1]. Таким образом, являются актуальными вопросы разработки компьютерных обучающих комплексов, а имитационные модели как часть такого комплекса крайне важны при разработке алгоритмов обучения, так как многие задачи обучения сводятся к исследованию поведения изучаемого объекта во времени и выбору своевременных управляющих воздействий, переводящих объект в "безопасные" состояния.

Коксование угольной шихты – сложный, инерционный, пожароопасный процесс, характеризующийся большим числом контролируемых различными способами параметров, сложностью принятия решений при ликвидации НС, неоднозначностью диапазонов допустимых границ контролируемых параметров. Большое влияние на процесс и качество конечного продукта оказывает температурный режим, определяющий тепловые свойства кокса (теплоемкость, теплота сгорания, тепло- и температуропроводность и температура возгорания). Для их прогнозирования особое значение имеет правильное определение времени проведения процесса. В связи с этим необходимо предоставить возможность персоналу заранее отработать на-

выки управления в различных режимах функционирования коксовой печи и для различных вариантов аппаратно-технологического оформления процесса.

Задача обучения оператора потенциально опасного ТП с использованием компьютерного обучающего комплекса на основе системы имитационного моделирования сводится к пассивному изучению особенностей эксплуатации исследуемого объекта изучения, освоению навыков управления в регламентном режиме, изучению способов устранения НС, изучению динамики каналов управления, изучению влияния значений управляющих воздействий на протекающие процессы для получения оптимальных качественных показателей готового продукта, отработке навы-

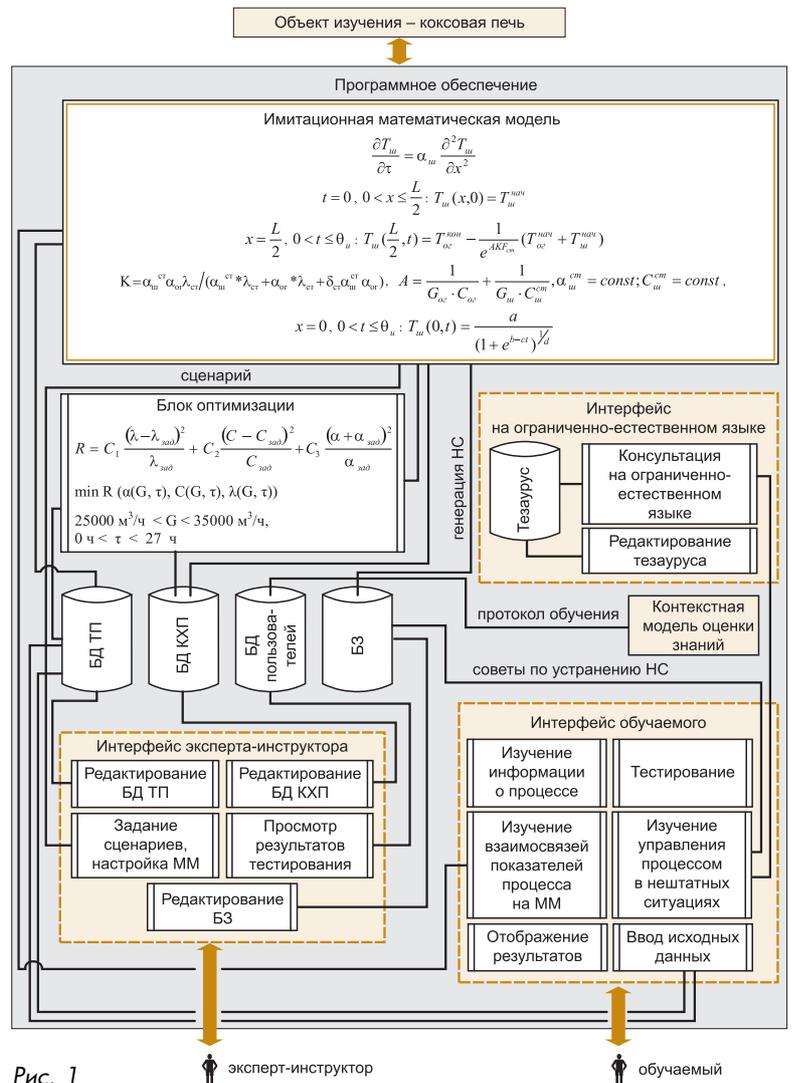


Рис. 1

ков устранения НС по заданным сценариям обучения, определению уровня полученных в ходе обучения знаний.

При разработке обучающего комплекса (рис. 1) решались следующие задачи: анализ процесса коксования как объекта управления и изучения; разработка структуры программного комплекса и алгоритма его функционирования; построение математической модели (ММ) для описания динамики протекающих процессов и выбор метода ее реализации; оценка адекватности полученной модели; тестирование работы программного комплекса для различных видов аппаратурно-технологического оформления коксовой печи и различных режимов функционирования (регламентного, нештатного).

Построение имитационной модели

Основой системы является имитационная модель, описывающая поведение объекта изучения в различных функциональных режимах. Анализ температурного режима коксовой печи как объекта управления позволил выделить основные переменные (входные, варьируемые, возмущающие и выходные) и формализовано описать ММ:

$$Y_M = f(X_M, U_M, A_M, t), \text{ где:}$$

1) $X_M = \{X_1, X_2\}$ – вектор входных параметров (X_1 и X_2); $X_1 = \{T_{ш}^{нач}, G_{ш}, C_{ш}^{cm}, \alpha_{ш}^{cm}, \delta_{куш}\}$, $X_2 = \{C_{оз}, \alpha_{оз}, T_{оз}^n, T_{оз}^k\}$, – характеристики шихты и отопительного газа соответственно ($T_{ш}^{нач}$ – начальная температура шихты; $G_{ш}$ – расход шихты; $C_{ш}^{cm}$ – теплоемкость шихты у стенки; $\alpha_{ш}^{cm}$ – коэффициент теплопроводности шихты у стенки; $\delta_{куш}$ – кажущийся удельный вес шихты);

2) $A_M = \{A_1, A_2\}$ – вектор параметров и коэффициентов модели, $A_1 = \{K, F_{cm}, L, \lambda_{cm}, \delta_{cm}\}$ и $A_2 = \{\alpha_{ш}\}$ – характеристики печи и шихты соответственно (K – коэффициент теплопередачи греющей стенки; F_{cm} – площадь греющей стенки; L – ширина камеры; λ_{cm} – теплопроводность стенки; δ_{cm} – толщина стенки);

3) $Y_M = \{\lambda, C_p, \alpha, \tau\}$ – вектор выходных параметров, λ – коэффициент теплопроводности готового кокса, C_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении готового кокса, α – коэффициент теплопроводности готового кокса, τ – время проведения ТП;

4) $U_M = \{G_{оз}\}$ – вектор управляющего воздействия данной модели; $G_{оз}$ – расход отопительного газа.

Теплоемкость кокса зависит от содержания в нем углерода, летучих веществ и минеральных примесей.

Величина коэффициента теплопроводности является функцией теплопроводности самого органического вещества – кокса, примесей минеральных веществ, влажности и пористости. Увеличение коэффициента теплопроводности λ с температурой объясняется возрастанием лучистого теплообмена между стенками пор через разделяющие их поры, заполненные газом (воздухом).

Теплопроводность характеризует скорость изменения температуры в тепловых процессах, а ко-

эффициент теплопроводности α ($\text{м}^2/\text{ч}$) показывает, каким должно быть повышение температуры единицы объема тела при сообщении ему тепла, численно равного его теплопроводности:

$$\alpha_{ш} = \lambda_{ш}/C_{пу}\gamma_{куш}, \quad (1)$$

где $\lambda_{ш}$ – коэффициент теплопроводности шихты, $\text{ккал}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град})$; $C_{пу}$ – удельная теплоемкость шихты при постоянном давлении, $\text{ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$; $\gamma_{куш}$ – кажущийся удельный вес шихты, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Рассмотрены зависимости коэффициентов тепло- и теплопроводности от температурного режима коксования [2]: $\lambda_{ш} = f(T)$, $C_{пу} = f(T)$.

Чтобы найти $\lambda_{ш}$, аппроксимировали кривую средней теплопроводности загрузки в зависимости от температуры в осевой плоскости средствами программы CurveExpert. В результате получено:

$$\lambda_{ш} \approx \frac{1}{a_0^1 + a_1^1 \cdot (T_{ш}^{он})^{a_2^1}}, \quad (2)$$

где $T_{ш}^{он}$ – температура шихты в осевой плоскости; a_0^1, a_1^1, a_2^1 – эмпирические коэффициенты, полученные аппроксимацией.

Аппроксимировав кривую зависимости средней удельной теплоемкости от температуры, получили:

$$C_{пу} = a_0^2 + a_1^2 \cdot T_{ш}^{он} + a_2^2 \cdot T_{ш}^{он^2} + a_3^2 \cdot T_{ш}^{он^3}. \quad (3)$$

Поскольку k в рассматриваемой модели является входной контролируемой переменной, то из (2) и (3) получили зависимость:

$$\alpha_{ш} = \frac{(a_0^2 + a_1^2 \cdot T_{ш}^{он} + a_2^2 \cdot T_{ш}^{он^2} + a_3^2 \cdot T_{ш}^{он^3}) \cdot \gamma_{куш}}{a_0^1 + a_1^1 \cdot (T_{ш}^{он})^{a_2^1}}. \quad (4)$$

Нагрев угольной загрузки в коксовых печах происходит в нестационарных условиях. Холодная шихта загружается в камеру, нагретую до высокой температуры. Температурное поле в коксующейся загрузке для любой точки по ширине камеры меняется во времени, также меняется и производная, характеризующая температурное поле. Передача тепла коксующейся шихте производится теплопередачей от греющей стенки отопительного канала. Передача тепла внутри загрузки коксующейся шихты осуществляется теплопроводностью.

При формулировке ММ температурного режима коксования использовались следующие *допущения*. Загрузка угольной шихты прогревается равномерно, за счет равномерности можно рассматривать только один поток, т.е. $1/2$ камеры, причем начало координат отсчитывается от середины камеры. Также принимаем, что потери тепла теплопередачей через греющую стенку и излучением с поверхности коксующейся шихты отсутствуют. ММ разрабатывается для одной камеры.

Нагрев угольной загрузки в узкой щелевидной камере подобен двустороннему нагреву плиты и описывается дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_V, \quad (5)$$

где q_V – внутренний источник тепла (в самом коксе, например, за счет трения частиц друг о друга при движении), т.к. его в данном процессе нет, то $q_V = 0$; $\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$ – распределение тепла по высоте камеры; $\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ – распределение тепла по длине камеры, т.к. тепло передается только от стенок в x -плоскости, то исключаем из рассмотрения y и z составляющие; $\alpha(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2})$ – распределение тепла по ширине камеры.

Учитывая приведенные допущения, обобщенный вид ММ принимает вид:

$$\frac{\partial T_{ш}}{\partial \tau} = \alpha_{ш} \frac{\partial^2 T_{ш}}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где $T_{ш}$ – температура в любой точке коксующейся шихты; $\alpha_{ш}$ – коэффициент температуропроводности:

$$\alpha_{ш} = \lambda_{ш} / C_{рш} \gamma_{кш}, \quad (7)$$

где $\lambda_{ш}$ – теплопроводность; $C_{рш}$ – удельная теплоемкость при постоянном давлении; $\gamma_{кш}$ – кажущийся удельный вес шихты.

Начальные и граничные условия протекания ТП:

1) если $t = 0, 0 < x \leq L/2$, тогда $T_{ш}(x, 0) = T_{ш}^{нач}$, (8)

где t – время коксования; x – расстояние точки от оси камеры; L – ширина камеры; $T_{ш}^{нач}$ – начальная температура шихты;

2) если $x = \frac{L}{2}, 0 < t \leq \theta_u$,

$$\text{тогда } T_{ш}\left(\frac{L}{2}, t\right) = T_{оз}^{кон} - \frac{1}{e^{AKF_{cm}}} (T_{оз}^{нач} + T_{ш}^{нач}), \quad (9)$$

где $T_{оз}^{кон}$ – конечная температура отопительного газа; K – коэффициент теплопередачи греющей стенки; F_{cm} – площадь греющей стенки; $T_{оз}^{нач}$ – начальная температура отопительного газа (ОГ).

$$K = \alpha_{ш}^{cm} \cdot \alpha_{оз} \cdot \lambda_{cm} / (\alpha_{ш}^{cm} \cdot \lambda_{cm} + \alpha_{оз} \cdot \lambda_{cm} + \delta \cdot \alpha_{ш}^{cm} \cdot \alpha_{оз}), \quad (10)$$

где $\alpha_{ш}^{cm}$ – коэффициент температуропроводности шихты у стенки; $\alpha_{оз}$ – коэффициент температуропроводности отопительного газа; λ_{cm} – теплопроводность стенки; δ_{cm} – толщина стенки.

$$A = \frac{1}{G_{оз} \cdot C_{оз}} + \frac{1}{G_{ш} \cdot C_{ш}^{cm}}, \quad (11)$$

где $G_{оз}$ – расход отопительного газа; $C_{оз}$ – теплоемкость ОГ; $G_{ш}$ – расход шихты; $C_{ш}^{cm}$ – теплоемкость шихты у стенки.

$$\alpha_{ш}^{cm} = const; C_{ш}^{cm} = const; \quad (12)$$

3) если $x = 0, 0 < t \leq \theta_u$, тогда $T_{ш}(0, t) = \frac{a}{(1 + e^{b-ct})^d}$, (13)

где a, b, c, d – эмпирические коэффициенты, полученные аппроксимацией.

Решение (6) при условиях (7-13) позволяет определить время проведения процесса при заданных рас-

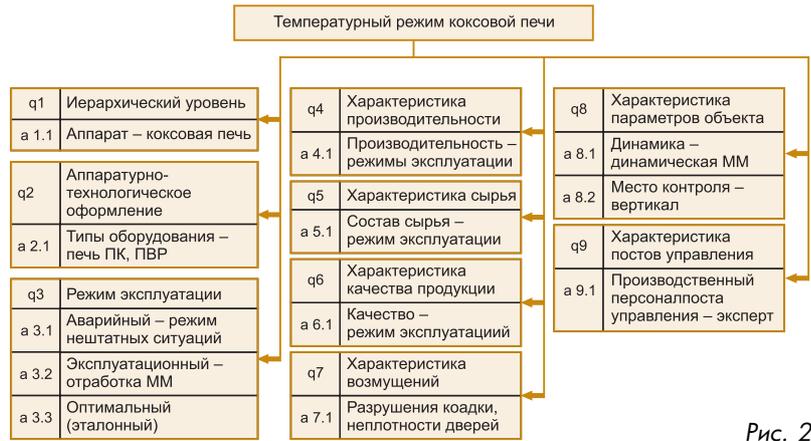


Рис. 2

ходах шихты, отопительного газа и конструктивных характеристиках печи (ширины камеры, толщины стенки, материала, из которого изготовлена стенка) и температуру кокса при окончании процесса коксования, а также получить оценки тепловых свойств кокса по зависимостям (2-4).

Для решения задачи теплопроводности с переменным коэффициентом α (6-13) был использован метод сеток, так как он экономичен при программной реализации и гарантирует устойчивость полученного решения при соответствующем соотношении шагов сетки.

Для применения разностной аппроксимации все параметры системы были приведены к безразмерному виду и введена сетка в области изменения аргументов (t – время процесса, x – расстояние от стенки греющей камеры до осевой плоскости). Для определения числа узлов сетки задается время протекания процесса t в диапазоне 13...27 ч, затем задаются шаги по времени τ и ширине камеры $x-h$, что позволяет определить соответственно число временных слоев n и слоев шихты k , для которых будет производиться расчет. После этого формируется система алгебраических уравнений для $n+1$ временного слоя, которая решается методом прогонки. На каждом последующем шаге происходит перерасчет коэффициента температуропроводности шихты α .

Анализ температурного режима коксовой печи как объекта изучения показывает, что его описание может быть представлено в словесной структурно-классификационной форме иерархических знаний. Структурно-лингвистическая модель представления знаний об объекте аналогична фрейму. Приведенный на рис. 2 фрейм-пример отображает знания о конкретных объектах изучения и тренажа (температурном режиме коксовой печи).

Выбранный метод построения ММ реализован в среде Borland C++ Builder.

Архитектура программного комплекса

Программная реализация обучающего комплекса включает блоки: имитационной ММ; поиска оптимальных значений управляющих воздействий; БД технологических параметров (ТПр) и конструктивных характеристик печей; модели представления зна-

ний о возможных типовых нарушениях функционирования объекта изучения; представления декларативных знаний для пассивного изучения процесса; контроля полученных знаний; активной отработки навыков управления процессом в различных режимах функционирования; контекстной модели оценки полученных знаний, а также средства задания сценариев обучения и необходимые интерфейсы.

Информационное обеспечение разработанной системы включает БД ТПр и конструктивных характеристик печей (БД КХП), базу знаний НС (БЗ НС). Информационное обеспечение реализовано с учетом требования адаптивности, предъявляемого к системе управления, что позволяет решать функциональные задачи управления. БД ТПр и БД КХП реализованы в среде Microsoft Office Access. БД ТПр содержит информацию о названии ТПр, его текущее значение и предельные значения. В БД КХП содержатся наименования печи, ширина печи, конструктивные особенности коксовых печей (тип кирпича использованного в кладке), теплопроводность огнеупорного материала (коэффициент теплопроводности кладки печи).

Данные в БД ТПр заносятся после запуска программы, при вводе исходных данных с клавиатуры или автоматического их ввода из программы. Обмен данными между модулями программы происходит через БД ТПр. В БД КХП в настоящее время содержится описание пяти типов различных печей, в дальнейшем планируется ее расширение. Средства задания сценариев используют информацию, хранящуюся в БД КХП, для настройки системы на конкретный тип печи.

Для моделирования НС было систематизировано описание типовых нарушений и причин, их вызывающих. НС подразделяются по типу нарушаемых пороговых ограничений параметров на: *эксплуатационные* (нарушения оптимальных, допустимых эксплуатационных норм) и *аварийные* (нарушения аварийных, предаварийных норм). К эксплуатационным НС могут быть отнесены ситуации, когда при заданных векторах X , A недостижима возможность получения кокса с заданными тепловыми свойствами Y_0 . К аварийным НС относятся нарушения, при которых может произойти разрушение кладки печи. На расход отопительного газа в процессе коксования накладываются ограничения, связанные с особенностями и сроком эксплуатации теплотехнических агрегатов. Поэтому к разряду НС в данной модели могут быть отнесены решения, оптимальные с точки зрения свойств кокса, но выходящие за рамки ограничений, накладываемых на G_{oe} .

Формализованное представление НС может быть представлено в виде вектора:

$$NS = \{Sit, Prich = \{(A_1 | A_2 | X_1 | X_2), t\}, Sov\},$$

где *Sit* – описание НС, *Prich* – причина ситуации, *Sov* – совет оператору с рекомендациями о действиях в НС.

База знаний НС содержит описание основных НС, возможных при управлении объектом, причины их возникновения и рекомендации по устранению.

Описание НС содержится в технологическом регламенте и относится к классу продукционных знаний. Интеллектуальная подсистема реализована с помощью логической модели представления знаний на основе исчисления предикатов I порядка в среде Visual Prolog. Система содержит модули, позволяющие оценивать произошедшие НС в режиме диалога, а также редактировать БЗ.

Редактор базы знаний и базы правил предоставляет возможности изменения и дополнения исходной информации при появлении новых сведений об изучаемом процессе. Наличие этого модуля в системе обеспечивает ее открытость и обучаемость.

Моделирование НС в разработанной системе достигается путем задания соответствующих значений входным переменным и настроечным коэффициентам ММ в заданный момент времени. С помощью средств задания сценариев обучения инструктор может ввести описание нескольких причин с заданием времени от момента начала расчета выходных значений по ММ. Например, к возникновению эксплуатационной НС "снижение коэффициента теплопроводности кокса" может привести несколько причин, в том числе "низкая теплоемкость шихты", "снижение коэффициента теплопроводности греющей стенки", "начальная температура шихты недостаточна для соблюдения режима коксования", которые могут быть заданы соответственно значениями $C_w^{cm}(X_1^3)$, $\lambda_{cm}(A_1^4)$, $T_w^{naq}(X_1^3)$. Кроме отработки навыков управления при возникновении НС по заданному сценарию, обучаемый может изучать причинно-следственные связи объекта изучения простым изменением исходных данных ММ. Если при расчете параметров их значения выйдут за критическую область, то система обнаружит НС, и в экспертной системе (ЭС) откроется окно консультации с описанием причин возникновения НС и рекомендаций по устранению.

Модуль оптимизации разработан для расчета оптимальных значений управляющих воздействий для получения кокса заданного качества. Рассчитываемый критерий эффективности показывает степень отклонения свойств полученного кокса от идеальных значений:

$$R = C_1 \frac{(\lambda - \lambda_{зад})^2}{\lambda_{зад}} + C_2 \frac{(C - C_{зад})^2}{C_{зад}} + C_3 \frac{(\alpha - \alpha_{зад})^2}{\alpha_{зад}},$$

где C_1, C_2, C_3 – весовые коэффициенты нормированных частных критериев.

Задача оптимизации температурного режима коксовой печи сформулирована в виде:

$$\min R(\alpha(G, \tau), C(G, \tau), \lambda(G, \tau)),$$

где $25000 \text{ м}^3/\text{ч} < G < 35000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $0 \text{ ч} < \tau < 27 \text{ ч}$, R – целевая функция, G_{oe} и τ – управляющие воздействия.

Коэффициенты C_1, C_2, C_3 позволяют учитывать значимость частных критериев в составе аддитивного и задаются пользователем в зависимости от текущих потребностей исследования.

Зависимости (2), (4) для расчета тепловых характеристик кокса носят нелинейный характер, поэтому

задача оптимизации характеризуется как нелинейная с ограничениями типа неравенств. Для ее решения был выбран комплекс-метод Бокса.

Кроме оптимальных значений критерия и доставляющих его значений управляющих воздействий обучаемому выдается информация о достижимости поставленных значений качественных характеристик кокса и рекомендации по дальнейшему управлению. Таким образом, обучаемый получает возможность исследовать влияние каналов управления как на качество протекающих процессов в целом, так и по каждому из частных критериев.

Интерфейсы

В разработанной системе имитационного моделирования реализованы в зависимости от полномочий пользователя следующие интерфейсы:

- оператора, обеспечивающий обмен информацией между непрограммирующим пользователем и системой, то есть он должен предоставлять возможность внесения изменения в БД ТПр для моделирования НС и формирования запросов для поиска решения с измененными исходными значениями контролируемых параметров. На рис. 3. приведен пример графического интерфейса обучаемого с результатами расчета зависимости температуры в осевой плоскости коксового пирога и распределения температур по ширине камеры на момент окончания процесса;

- инструктора, который имеет доступ к созданию, заполнению и редактированию БЗ НС, механизму формирования сценария обучения и просмотру результатов оценки знаний;

- межпрограммный, реализованный с использованием технологии DDE, предназначен для интеграции данных ММ и ЭС, выполненных в различных программных средах. Главное его назначение — связь между аварийными значениями параметров в ММ и НС в ЭС;

- ограниченно-естественный, позволяющий вести диалог человек-машина на привычном языке запросов, близком по структуре к фразам на естественном языке. Для реализации интерфейса на ограниченно-естественном языке разработан язык тезаурус, включающий типовые запросы пользователя, и словарь. Все функции ПО естественно-языкового интерфейса реализованы в среде Visual Prolog.

Алгоритм изучения температурного режима коксовой печи

На основе анализа литературных источников, описывающих возможные варианты построения обучающих систем, предложен алгоритм изучения температурного режима коксовой печи (рис. 4).

Перед началом работы система запрашивает полномочия, которыми обладает пользователь. Она выделяет права эксперта-инструктора и обучаемого. Эксперт-инструктор настраивает систему на работу с обучаемым (задает настройки печи, вносит коррективы в БЗ НС, если необходимо, и задает сценарии).

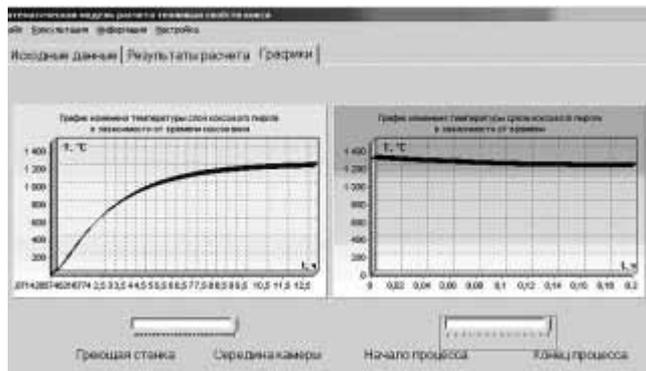


Рис. 3

перт-инструктор настраивает систему на работу с обучаемым (задает настройки печи, вносит коррективы в БЗ НС, если необходимо, и задает сценарии).

Обучаемый должен зарегистрироваться в системе. После подтверждения ввода в регистрационный журнал (БД пользователей) вносится запись с личными данными обучаемого, системной датой и временем обращения к системе. Далее обучаемый получает возможность доступа к системе в режиме обучения. Ему предоставляется возможность выбора направления работы:

- изучать декларативные знания о процессе коксования;
- изменять параметры процесса и изучать с их помощью режимы функционирования ММ;
- изучать НС (на естественном языке);
- отрабатывать навыки устранения НС на функционирующей ММ.

В конце осуществляется проверка знаний, полученных в ходе работы с системой.

В разрабатываемых интеллектуальных системах обучения применяются пять распространенных методов определения уровня подготовки обучаемого персонала: регистрация полученных знаний; оценка знаний по контекстной модели (уровень знаний обучаемого определяется на основании диалога с ним и ана-

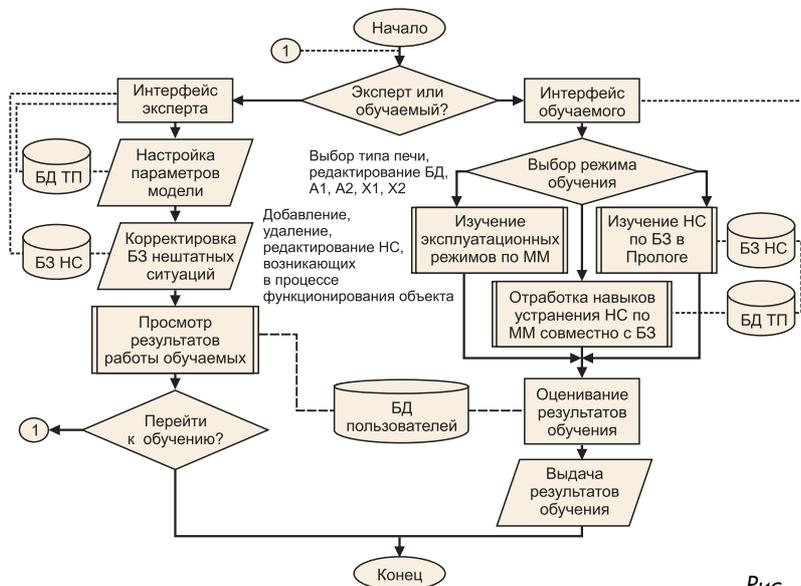


Рис. 4

лиза задаваемых вопросов); *анализ ошибок* (оценка по числу допущенных ошибок и характеру отличий знаний об объекте обучения по сравнению с уровнем знаний опытных специалистов); метод *наложения* (уровень знаний обучаемого рассматривается как некоторое подмножество знаний эксперта, при совпадении знания факторов и правил управления объектом со знаниями эксперта считается, что обучаемый знает эти способы управления, разделы знаний); *порождающее* моделирование (оценка знаний обучаемого через его намерения, используемые для управления; на основании намерений организуется автоматизированное обучение – план событий, имитационное моделирование, сценарий, проверяется глубина знаний и намерений после реализации плана и т.д.) [3].

Для разработанной системы был выбран метод оценки знаний по контекстной модели – компьютерное тестирование. При разработке тестового задания всем вопросам были назначены коэффициенты сложности, и при выставлении оценки учитывается время, затраченное, чтобы ответить на вопросы различной степени сложности. Информация об обучаемом вносится в БД пользователей, доступной для просмотра эксперту-инструктору.

Заключение

Рассмотренная имитационная модель позволяет исследовать температурный режим коксования с

точки зрения равномерности прогрева загрузки коксующейся шихты и прогнозирования тепловых свойств кокса. Разработанная система имитационного моделирования коксовой печи позволяет решать основные функциональные задачи управления температурным режимом коксования, исследовать температурный режим коксовой печи, моделировать НС, обучать операторов управлению объектом в различных режимах функционирования (эксплуатационном и нештатном).

Разработанный обучающий комплекс успешно применяется в учебном процессе кафедры "Системы автоматизированного проектирования и управления" СПбГТИ(ТУ) и рекомендован к внедрению на коксохимические производства для тренинга операторов печей.

Список литературы

1. Чистякова Т.Б., Бойкова О.Г., Блохина О.Ф. Принципы разработки интеллектуальных тренажерно-обучающих комплексов для операторов потенциально опасных химико-технологических процессов (на примере процесса коксования углей) // Автоматизация в промышленности. 2003. №4.
2. Справочник по химии и технологии горючих ископаемых / Под ред. А.Н. Чистякова. СПб.: "Синтез". 1996.
3. Чистякова Т.Б., Бойкова О.Г. Алгоритмическое обеспечение гибридной экспертной системы для управления процессами коксования // Приборы и системы управления. 1999. №11.

Чистякова Тамара Балабековна – д-р техн. наук, проф., заведующая кафедрой,

Бойкова Оксана Геннадьевна – канд. техн. наук, старший преподаватель,

Бабина Елена Венадиевна – инженер кафедры систем автоматизированного проектирования и управления Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет).

Контактный телефон (812)495-75-70. E-mail: sapr@ws01.sapr.pu.ru

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Г.В. Бушмелева (ГОУ ВПО "Ижевский государственный технический университет")

Представлена методика мониторинга промышленного предприятия, апробированная на данных статистики промышленных предприятий Удмуртской республики.

Мониторинг промышленного предприятия – это система поддержки принятия решений, направленная на информационное обеспечение и повышение эффективности этого процесса, а также качества принимаемых решений.

Экономико-математическое и инструментальное обеспечение мониторинга промышленного предприятия требует разработки и адаптации особого аппарата моделирования, отвечающего его задачам как обобщенного метода экономических и маркетинговых измерений, анализа и регулирования. Реализовать экономико-математическое обеспечение мониторинга можно в виде имитационной модели для различных уровней управления предприятия.

В связи с тем, что оценка состояния промышленного предприятия должна осуществляться в сжатые сроки и регулярно, основными требованиями к методике мониторинга являются комплексность, оперативность,

эффективность, непротиворечивость. Требования учтены при разработке экономико-математической модели мониторинга в табличном процессоре Excel.

Практика показывает, что мониторинг промышленного предприятия следует проводить в несколько этапов. Рассмотрим этапы предложенной методики на примере одного из предприятий.

Этап 1. Определение факторов, оказывающих влияние на состояние промышленного предприятия; отбор существенных показателей, формирующих систему показателей.

Для выполнения этого этапа необходимо сформировать перечень показателей мониторинга, которые должны соответствовать целям промышленного предприятия. Целью предприятия может быть, например, получение прибыли за счет использования маркетинговых возможностей предприятия. Исходя из выбранной цели, определяем факторы (прежде всего финан-