

**ДИНАМИЧЕСКИЕ СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОМ ПО КАНАЛУ «РАСХОД ТОПЛИВА – РАЗРЕЖЕНИЕ В ТОПКЕ» В ПРОИЗВОДСТВЕ ПАРА**

V. G. Hanusov, A. A. Ermakov

**DYNAMIC STOCHASTIC MODELS OF THE PACKAGE BOILER CONTROL:
«FUEL CONSUMPTION – UNDERPRESSURE IN FURNACE»
IN SUPERHEATED STEAM PRODUCTION**

Аннотация. Поиск и разработка полноценных высокоэффективных энергосистем, на сегодняшний день является центральной задачей научного сообщества. Данное исследование относится к усовершенствованию методов прогноза и адаптивного управления процессом горения в пылеугольных топках.

В статье рассматривается применение известной методики Д. Ж. Бокса и Г. Дженкинса для идентификации процесса производства пара.

В качестве объекта исследования выбрана топочная камера, которая представляет собой весьма сложную и взаимосвязанную систему. Она была описана как динамический стохастический объект с неконтролируемыми возмущающими воздействиями. Экспериментально-статистическими методами получена математическая модель, позволяющая определить степень влияния расхода топлива на разрежение с левой и правой сторон. Частота вращения питателей сырого угля (расход топлива) относится к управляющим воздействиям в процессе производства пара.

Разработанная модель может быть использована для прогноза и управления разрежением в топочном устройстве с левой и правой сторон.

Ключевые слова: топочное устройство, разрежение в топке, стохастическая модель, идентификация, оценивание, диагностическая проверка.

Abstract. The search and development of full-fledged highly efficient energy systems is today the central task of the scientific community. This research refers to the improvement of forecast methods and adaptive control of the combustion process in pulverized-coal furnaces.

The article deals with the use of the known Box-Jenkins technique for identifying steam generation process.

The object of study combustion chamber, which is a very complex and interconnected system. It was described as a dynamic stochastic object with uncontrolled disturbance. Experimental-statistical methods, were used to get the mathematical model allowing to determine the fuel consumption impact on the vacuum on the left and right sides. Raw coal feeders rotational speed (fuel consumption) refers to the control actions in the process of steam generation.

The developed model can be used for the prediction and management of underpressure in the combustion unit on the left and right sides.

Keywords: furnace chamber, underpressure in furnace, stochastic model, identification, estimation, diagnostic check.

Введение

В качестве объекта исследования рассматривается пылеугольная топка, в которую подается подогретая угольная пыль и воздух. Косвенным параметром, характеризующим тепловыделение сгораемой пыли воздушной смеси, может служить разрежение в топочной камере [1]. Непрерывные данные были собраны для получения информации о динамике системы в интересном для практики диапазоне. В ходе исследования полученные параметры будут рассматриваться как непрерывные случайные входные/выходные ряды.

Повышенное разрежение за котлом приводит к понижению КПД котла и повышенным энергетическим затратам (на питание дымососов), повышению температуры уходящих газов [2]. Пониженное разрежение приводит к отсутствию тяги,

выбросу дымовых газов в помещение котельной [3].

Топочная камера как объект управления представляет собой весьма сложную и взаимосвязанную систему. Ее можно характеризовать как динамический стохастический объект с неизменяемыми возмущающими воздействиями [4].

В качестве объекта исследования был выбран котельный агрегат БКЗ-420-140-6, оборудованный четырьмя пылеприготовительными установками.

Для стабилизации температурного режима в топке требуется изучить степень влияния частоты вращения питателей сырого угля (ПСУ) на разрежение уходящих газов в топочной камере. Изменение частоты вращения ПСУ может относиться как и к управляющим, так и возмущающим воздействиям, в зависимости от требований системы



управления [5].

Построить математическую модель процесса на основании известных физико-химических закономерностей в настоящее время не представляется возможным. Данные, собранные в течение длительного времени наблюдений за нормальным ходом топочного процесса, были подвергнуты статистическому анализу. Исследуемый временной ряд содержит 1800 пар последовательных наблюдений с 10-секундным шагом.

В период пассивного эксперимента контролировались следующие технологические факторы: $P_{л}$ – разрежение уходящих газов в топочной камере с левой стороны; $P_{пр}$ – разрежение уходящих газов в топочной камере с правой стороны; $f_{б}$ – частота вращения питателя сырого угля ПСУ-Б; $f_{в}$ – частота вращения питателя сырого угля ПСУ-В; $f_{г}$ – частота вращения питателя сырого угля ПСУ-Г.

Для исследования влияния частоты вращения ПСУ на разрежение уходящих газов в топочной камере были использованы методы корреляционного и регрессионного анализа [6]. Исходной информацией для этого послужили временные ряды: разрежение уходящих газов в топочной камере с левой стороны печи Y_1 ; разрежение уходящих газов в топочной камере с правой стороны Y_2 ; частота вращения питателя сырого угля ПСУ-Б – X_1 ; частота вращения питателя сырого угля ПСУ-В – X_2 ; частота вращения питателя сырого угля ПСУ-Г – X_3 .

С целью приведения указанных выше временных рядов к стационарному виду согласно методике [7] для каждого ряда были получены разностные временные ряды с помощью оператора взятия разностей ∇^d :

$$x_t = \nabla^d \cdot X_t^*, y_t = \nabla^d \cdot Y_t^*, d > 0,$$

где d – порядок разности; x_t, y_t – нормированные значения временных рядов, X_t^*, Y_t^* – наблюдаемые данные:

$$X_t^* = (X_t - \bar{X}_t) / \sigma_x, Y_t^* = (Y_t - \bar{Y}_t) / \sigma_y$$

\bar{X}_t, \bar{Y}_t^* – средние значения ряда, σ_x, σ_y – среднеквадратическое отклонение.

Оказалось, что уже при $d = 1$ исследуемые разностные временные ряды имеют быстро затухающую автокорреляционную функцию.

Приведение рядов к стационарному виду позволяет использовать метод взаимных корреля-

ционных функций для определения в структуре модели таких времен запаздываний [8] для которых коэффициент связи между разрежением уходящих газов в топочной камере и каждой из частот вращения питателя сырого угля имеет максимальное значение.

Для ориентировочной оценки максимального сдвига взаимно корреляционных функций учитывались экспериментальные данные, приведенные в [8]. В качестве примера на рис. 1 приведены графики взаимно-корреляционных функций влияния частоты вращения питателей сырого угля ПСУ-Б,В на разрежение уходящих газов в топочной камере с левой стороны, полученные в результате обработки статистического материала.

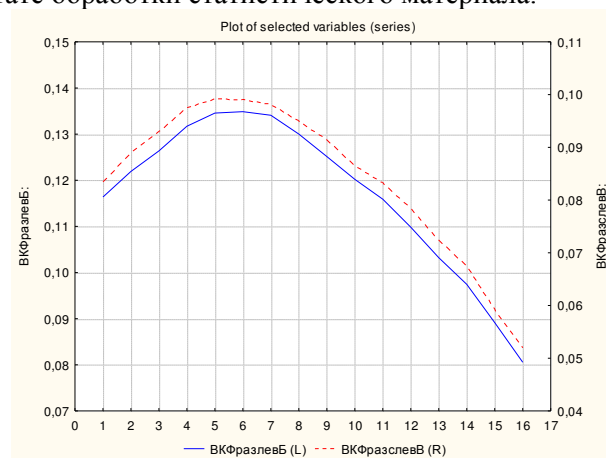


Рис. 1. Взаимно-корреляционные функции $R_{xy}(k)$ по наблюдаемым данным

Визуальный анализ этих графиков не позволяет сделать однозначного вывода о тех временах сдвига, при которых частота вращения ПСУ существенно влияет на разрежение уходящих газов в топочной камере, т. к. механизм взаимодействия завуалирован коррелированностью значений входного ряда, но помогает определить диапазон возможных значений времени запаздывания.

Для устранения эффекта корреляции в [9] предлагается к входному и выходному рядам применить дополнительную процедуру выравнивания на основе построения для этих рядов моделей авторегрессии и скользящего среднего (АРСС)

$$\alpha_t = x_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i \cdot x_{t-i} + \sum_{j=1}^q \Theta_j \cdot \alpha_{t-j};$$

$$\beta_t = y_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i \cdot y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \Theta_j \cdot \beta_{t-j},$$

где α_t, β_t – выравненные ряды соответственно для входных и выходных разностных рядов; Φ_i – значения параметров для авторегрессионной



модели; Θ_j – значения параметров для модели скользящего среднего; p – порядок модели авторегрессии, q – порядок модели скользящего среднего.

Ниже приведены формулы для расчета значений выравненных рядов частот вращения питателей сырого угля ПСУ-Б, ПСУ-В, ПСУ-Г и разряжения в топочной камере.

Для входных рядов:

$$\alpha_1 = x_1 - 0,636 \cdot x_{1,t-1} - 0,14 \cdot x_{1,t-2} + 0,61 \cdot \alpha_{1,t-1};$$

$$\alpha_1 = x_1 - 0,636 \cdot x_{1,t-1} - 0,14 \cdot x_{1,t-2} + 0,61 \cdot \alpha_{1,t-1};$$

$$\alpha_2 = x_2 - 0,6 \cdot x_{2,t-1} - 0,17 \cdot x_{2,t-2} + 0,58 \cdot \alpha_{2,t-1};$$

$$\alpha_2 = x_2 - 0,6 \cdot x_{2,t-1} - 0,17 \cdot x_{2,t-2} + 0,58 \cdot \alpha_{2,t-1};$$

$$\alpha_3 = x_3 - 0,71 \cdot x_{3,t-1} - 0,12 \cdot x_{3,t-2} + 0,77 \cdot \alpha_{3,t-1};$$

$$\alpha_3 = x_3 - 0,71 \cdot x_{3,t-1} - 0,12 \cdot x_{3,t-2} + 0,77 \cdot \alpha_{3,t-1}.$$

Для выходных рядов:

$$\beta_1 = y_1 - 0,636 \cdot y_{1,t-1} - 0,14 \cdot y_{1,t-2} + 0,61 \cdot \beta_{1,t-1};$$

$$\beta_2 = y_2 - 0,636 \cdot y_{2,t-1} - 0,14 \cdot y_{2,t-2} + 0,61 \cdot \beta_{2,t-1};$$

$$\beta_1 = y_1 - 0,6 \cdot y_{1,t-1} - 0,17 \cdot y_{1,t-2} + 0,58 \cdot \beta_{1,t-1};$$

$$\beta_2 = y_2 - 0,6 \cdot y_{2,t-1} - 0,17 \cdot y_{2,t-2} + 0,58 \cdot \beta_{2,t-1};$$

$$\beta_1 = y_1 - 0,71 \cdot y_{1,t-1} - 0,12 \cdot y_{1,t-2} + 0,77 \cdot \beta_{1,t-1};$$

$$\beta_2 = y_2 - 0,71 \cdot y_{2,t-1} - 0,12 \cdot y_{2,t-2} + 0,77 \cdot \beta_{2,t-1}.$$

Для получения оценок p, q, Φ_i, Θ_j был применен нелинейный алгоритм наименьших квадратов [10].

В табл. 1 приведены выборочные взаимные корреляционные функции $r_{\alpha\beta}(k)$ после предварительного выравнивания спектра; там же даны приближенные стандартные ошибки выборочной взаимной корреляции $\sigma(r)$.

Т а б л и ц а 1

Выборочная взаимная корреляционная функция после выравнивания спектра.

Вход	Выход	Сдвиг k	Коэффициент взаимной корреляции $r_{\alpha\beta}(k)$						Ошибка $\sigma(r)$
Обороты ПСУ-Б	Разряжение в топке справа	0-5	0,075	0,023	0,027	0,067	0,036	0,079	0,024
		6-11	0,06	0,05	0,371	0,025	0,022	0,016	
		12-17	0,026	0,063	0,017	0,031	0,018	0,017	
Обороты ПСУ-В	Разряжение в топке справа	0-5	0,084	0,02	0,031	0,067	0,031	0,086	
		6-11	0,07	0,043	0,043	0,034	0,015	0,018	
		12-17	0,023	0,069	0,023	0,036	0,025	0,017	
Обороты ПСУ-Г	Разряжение в топке справа	0-5	0,06	0,03	0,02	0,07	0,05	0,04	
		6-11	0,47	0,035	0,057	0,029	0,023	0,044	
		12-17	-0,011	0,004	-0,016	0,012	0,01	0,012	
Обороты ПСУ-Б	Разряжение в топке слева	0-5	0,039	0,045	0,028	0,065	0,081	0,058	
		6-11	0,068	0,062	0,048	0,026	0,016	0,041	
		12-17	0,039	0,062	0,017	0,006	0,013	0,026	
Обороты ПСУ-В	Разряжение в топке слева	0-5	0,042	0,058	0,024	0,07	0,078	0,061	
		6-11	0,072	0,049	0,051	-0,013	0,02	0,043	
		12-17	-0,001	0,012	0,67	0,02	0,01	0,02	
Обороты ПСУ-Г	Разряжение в топке слева	0-5	0,035	0,021	0,033	0,07	0,076	0,038	
		6-11	0,034	0,042	0,058	0,002	0,039	0,006	
		12-17	-0,025	0,002	-0,021	-0,017	0,021	0,032	

Сравнение коэффициентов взаимной – корреляции с их стандартными ошибками $\sigma(r)$ показывает, что разрежение в топочной камере тесно связано со значениями ПСУ-Б, ПСУ-В в диапазоне 0–130 секунд, со значениями ПСУ-Г в диапазоне 0–80 секунд.

При построении моделей, характеризующих зависимость влияния частоты вращения ПСУ на разрежение входящих газов в топочной камере, высказывается предположение, что структура моделей относится к классу линейных и, следовательно, может быть использован принцип суперпозиции.

Привязка модели к наблюдаемым значениям временных рядов осуществляется в несколько этапов. Сначала делается пробная идентификация на основе анализа приближенной функции отклика на единичный импульс, затем применяется процедура нелинейного оценивания пробной модели и диагностическая проверка с использованием критерия согласия χ^2 .

Динамические стохастические модели влияния частоты вращения питателей сырого угля на разрежение входящих газов в топочной камере с правой и левой стороны топочного устройства, были получены с использованием методики Бокса–Дженкинса в классе моделей:

$$y(t) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + n_t,$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r,$$

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s,$$

$$n_t = \frac{\theta(B)}{\varphi(B)} a_t.$$

где b – оператор сдвига назад на один шаг, n_t – шум, b – параметр запаздывания, a_t – остаточная ошибка, δ – параметры модели авторегрессии, ω – параметры модели скользящего среднего.

Ниже представлены зависимости разрежения в топочной камере от частоты вращения оборотов ПСУ.

Разрежение справа – ПСУ-Б:

$$(1 + {}_{\pm 0,023}^{0,206} B) y_t = ({}_{\pm 0,082}^{0,265} x_t + {}_{\pm 0,082}^{0,198} x_{t-3} + {}_{\pm 0,082}^{0,187} x_{t-13}) + a_t.$$

Разрежение справа- ПСУ-В:

$$(1 + {}_{\pm 0,023}^{0,206} B) y_t = ({}_{\pm 0,092}^{0,330} x_t + {}_{\pm 0,092}^{0,223} x_{t-3} + {}_{\pm 0,092}^{0,243} x_{t-13}) + a_t.$$

Разрежение справа – ПСУ-Г:

$$(1 + {}_{\pm 0,023}^{0,206} B) y_t = ({}_{\pm 0,016}^{0,41} x_t + {}_{\pm 0,092}^{0,456} x_{t-3} + {}_{\pm 0,082}^{0,345} x_{t-8}) + a_t.$$

Разрежение слева – ПСУ-Б:



$$(1 + \pm_{0,023}^{0,62} B + \pm_{0,026}^{0,28} B^2 + \pm_{0,023}^{0,089} B^3) y_t =$$

$$= (\pm_{0,014}^{0,234} x_t + \pm_{0,014}^{0,356} x_{t-3} + \pm_{0,014}^{0,436} x_{t-4} + \pm_{0,014}^{0,296} x_{t-13}) + a_t.$$

Разрежение слева – ПСУ-В:

$$(1 + \pm_{0,023}^{0,62} B + \pm_{0,026}^{0,28} B^2 + \pm_{0,023}^{0,089} B^3) y_t = (\pm_{0,016}^{0,39} x_{t-1} +$$

$$+ \pm_{0,014}^{0,38} x_{t-3} + \pm_{0,014}^{0,4} x_{t-4} + \pm_{0,014}^{0,27} x_{t-6} + \pm_{0,014}^{0,39} x_{t-13}) + a_t.$$

Разрежение слева – ПСУ-Г:

$$(1 + \pm_{0,023}^{0,62} B + \pm_{0,026}^{0,28} B^2 + \pm_{0,023}^{0,089} B^3) y_t = (\pm_{0,024}^{0,804} x_{t-3} +$$

$$+ \pm_{0,024}^{0,926} x_{t-4} + \pm_{0,028}^{0,555} x_{t-8}) + a_t,$$

где $x_t = \nabla \cdot X_t^*$, $y_t = \nabla Y_t^*$, ∇ – первые разности, значения под коэффициентами – их стандартные ошибки.

С целью получения более точной модели в уравнениях была учтена шумовая составляющая n_t , которая описывалась в классе моделей АРПСС $n_t = y_t - y_t^*$, где y_t, y_t^* – наблюдаемый временной ряд и соответствующее значения ряда, получаемые по модели.

Полученная модель анализируется на адекватность реальному процессу влияния частоты вращения питателей сырого угля на разрежение уходящих газов в топочной камере с помощью диагностической проверки, осуществляемой в два этапа: сначала вычисляется χ^2 – статистика для значений автокорреляционной функции остаточных ошибок $r_{\alpha\alpha}(k)$ как:

$$Q = (N - s - b - r) \sum_{k=1}^k r_{\alpha\alpha}^2(k),$$

где N – число наблюдений, k – максимальная задержка автокорреляций и взаимных корреляций, s – число «правосторонних параметров динамической стохастической модели, r – число «левосторонних» параметров.

Далее вычисляется χ^2 – статистика с использованием взаимных корреляционных функций $r_{\alpha\beta}(k)$ между выравненным входным рядом α_t и рядом остаточных ошибок a_t как

$$H = (N - s - b - r) \sum_{k=1}^k r_{\alpha\alpha}^2(k).$$

В первом случае Q сравнивается с χ^2 – распределением с $k-p-q$ степенями свободы, а во втором H сравнивается с χ^2 – распределением с $K-r-s$ степенями свободы.

В табл. 2 приведены значения коэффициен-

тов χ^2 – статистики диагностической проверки по автокорреляционной и взаимной корреляционной функциям для частот вращения питателей сырого угля.

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициентов χ^2 статистики

Вход	Выход	Число степеней свободы	H	Число степеней свободы	Q
f_B	$P_{\text{л}}$	9	17,8	8	10,37
f_B		15	10,7	15	16,45
f_{Γ}		14	7,11	9	15,54
f_B	$P_{\text{пр}}$	15	8,4	15	22,14
f_B		26	12,5	15	22,91
f_{Γ}		25	30,48	15	21,25

Диагностическая проверка по автокорреляционным и взаимно-корреляционным функциям с использованием значений χ^2 статистики [11] не дает оснований в сомнении адекватности модели.

В результате проведенных исследований получены модели, позволяющие оценить влияние частоты вращения питателей сырого угля на разрежение уходящих газов в топочной камере.

При увеличении частоты вращения питателей сырого угля разрежение уходящих газов в топочной камере возрастает, что в конечном счете оказывает влияние на температуру и давление перегретого пара.

Модели могут быть использованы для прогноза и управления температурным режимом топочного устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Беднаржевский В.С. Математическое моделирование и компьютерные технологии в задачах проектирования энергетических паровых котлов // Вычислительные технологии». 2002. Т. 7 № 6. С. 40–51.
- Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети // М. : Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.
- Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. М. : Академия, 2011. 432 с.
- Волошенко А.В. Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач. Томск : Изд-во НИТПУ, 2011. 100 с.
- Серов Е.П. Корольков Б.П. Динамика парогенераторов. М. : Изд-во Энергоиздат, 1981. 409 с.
- Хапусов В.Г. Ермаков А.А. Динамические стохастические модели по каналу частота вращения питателей сырого угля – содержание кислорода в уходящих газах, в производстве пара // Вестник ИрНТУ. 2016. № 2. С. 45–51.



7. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов прогноз и управление // М. : Мир, 1974, 603 с.
8. Шорохов В.А. Смольников А.П. Разработка динамической модели многосвязной АСР пылеугольного блока с прямым вдуванием пыли // Теплоэнергетика. 2009. № 10. 56–61 с.
9. Хапусов В.Г. Моделирование систем. Иркутск : Изд-во ИрНТУ, 2007. 212 с.
10. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М., 1962. 336 с.
11. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б. Ю. Лемешко и др. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. 888 с.

УДК 303.732.4+657.1.011.56

Кузьмин Олег Викторович,д. ф.-м. н., профессор, Иркутский государственный университет,
тел. 8(3952)24-22-14, e-mail: quzminov@mail.ru**Курганский Виктор Иванович,**к. ф.-м. н., доцент, Байкальский государственный университет,
тел. 8(3952)32-91-32, e-mail: krgimei@gmail.com**Захаров Данил Викторович,**магистрант, Байкальский государственный университет,
тел. 8(950)088-01-82, e-mail: zakahrov-danyl@mail.ru**Хоменко Андрей Павлович,**д.т.н., профессор, ректор, Иркутский государственный университет путей сообщения,
тел. 8(3952)63-83-11, e-mail: homenko@irgups.ru

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И КОНТРОЛЬ КОРРЕКТНОСТИ БУХГАЛТЕРСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РЕЛЯЦИОННОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ ЛОГИКИ

O. V. Kuzmin, V. I. Kurgansky, D. V. Zakharov, A. P. Khomenko

SYSTEM ANALYSIS AND CONTROL OF THE CORRECTNESS OF ACCOUNTING DATA BASED ON THE RELATIONAL INTERACTIVE LOGIC

Аннотация. В данной работе, относящейся к области разработки специального математического и программного обеспечения системного анализа, рассматривается ряд вопросов, связанных с представлением, анализом и движением данных в системах обработки информации. Разработана концепция контроля корректности бухгалтерских данных средствами реляционной интерактивной логики. Разновидности утверждений о корректных или некорректных данных выделены исходя из организации данных и траекторий их движения в программном комплексе «1С: Бухгалтерия предприятия» и требований нормативных документов. Требования к корректности данных задаются в виде контрольных утверждений, которые записываются в виде логических неравенств, уравнений и их систем. Контрольные утверждения зависят от полей стандартных объектов платформы «1С: Предприятие» – документов, регистров бухгалтерии, регистров накопления, регистров сведений и др. Контрольные утверждения записываются в виде логических формул, которые преобразуются в реляционные запросы. Контроль корректности данных осуществляется исполнением запросов и позволяет выделить данные, для которых контрольные утверждения либо не выполняются, либо, наоборот, выполняются. Для конфигурации «1С: Бухгалтерия предприятия 3.0» разработано программное средство, которое обеспечивает диалоговое конструирование контрольных утверждений и их доказательство над теми или иными фрагментами баз данных бухгалтерского учета.

Ключевые слова: контроль корректности данных, утверждения о корректности данных, логические соотношения, бухгалтерские базы данных, 1С, реляционная интерактивная логика, траектория движения данных.

Abstract. In this paper, relating to the development of special mathematical and software for system analysis, a number of issues related to the representation, analysis and movement of data in information processing systems is considered. The concept of control of the correctness of accounting data by means of relational interactive logic is developed. Varieties of statements about correct or incorrect data are allocated basing on the organization of data and the trajectories of their movement in "1С: enterprise accounting" software and the requirements of regulatory documents. Requirements for correctness of data are specified in the form of control statements, which are written in the form of logical inequalities, equations and their systems. Control assertions depend on the fields of standard objects of the platform "1С: enterprise" when are documents, accounting registers, accumulation registers, information registers, etc. Control statements are written in the form of logical formulas that are converted into relational queries. The control of the correctness of the data is carried out by executing queries and allows you to extract data for which the control assertions either are not executed or, conversely, are executed. For the configuration of "1С: enterprise accounting 3.0", a software tool is developed that provides for the interactive construction of control statements and their proof over certain fragments of accounting databases.

Keywords: data control correctness, data validity statements, databases, logical relations, accounting databases, 1С, relational interactive logic, data movement trajectory.

Введение

Критика реляционного подхода к обработке данных возникла одновременно с реляционной моделью данных. Тем не менее, практически все

современные СУБД обеспечивают работу с базами данных с помощью языка запросов SQL или его аналогов [1]. Не является исключением и конфи-