

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗА ВЫБРОСАМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**А.И. Калько, Е.А. Сундуков**

*Барановичский государственный университет, ул. Войкова, 21, 225320,  
г. Барановичи, Беларусь, lexa170594@gmail.com*

Рассматривается составляющая при построении автоматизированной системы принятия решений при контроле за выбросами загрязняющих веществ твердотельного котла, а именно методология и структура предметной области и ее реализация при помощи базы данных и языков программирования.

**Ключевые слова:** Автоматизированная система; принятие решений; выброс; SCADA; датчики; база данных.

## **AUTOMATED DECISION-MAKING SYSTEM FOR MONITORING POLLUTANT EMISSIONS**

**A.I. Kalko, E.A. Sundukov**

*Baranavichy State University, st. Voikova, 21, 225320, Baranovichi, Belarus,  
Corresponding author: lexa170594@gmail.com*

The component is considered when building an automated decision-making system for monitoring pollutant emissions of a solid-state boiler, namely the methodology and structure of the subject area and its implementation using a database and programming languages.

**Keywords:** Automated system; decision making; emission; SCADA; sensors; database.

### **Введение**

Элементами научной новизны полученных результатов являются отсутствие физических ручных измерений, точность измерения, просмотр значений в реальном времени, автоматизированное хранение данных согласно ТКП.

Объектом исследования является автоматизированная система контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы автоматизированной системы контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух твердотопливного котла ст. №6 мини-ТЭЦ с применением сред программирования TIA Portal и MS Virtual Studio.

Цель проекта разработать автоматизированную систему принятия решений и контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух твёрдотопливного котла ст. №6 мини-ТЭЦ «Барань».

В процессе работы поставлены следующие задачи:

- изучить рабочее место оператора АСК;
- разработать методы и алгоритмы решения;
- разработать и протестировать АСК;
- разработать концептуальную, логическую и физическую модель БД.

Областью возможного практического применения являются теплоэнергостанции, котельные.

При создании АСК использованы литературные источники, научные публикации, а также самоцитирование.

## **1. Методология исследования / теоретические основы**

Для выбора среды программирования не обходимо знать на каком ПЛК будет построена АСК, поэтому первоначально нам нужно выбрать контроллер. На данный момент всё газоаналитическое оборудование в промышленной сфере подключается/управляется с помощью дискретных или аналоговых входов/выходов на ПЛК, не редко можно встретить оборудование, которое опрашивается по «RS-485» или «RS-232» используя протокол «Modbus», но в последнее время всё чаще используется порт «RJ-45» и протоколы «Modbus RTU» и «Modbus TCP» они являются более универсальными и позволяют подключить огромное количество разных устройств с одновременным чтением и записью.

При выборе ПЛК, выбор пал на «S7-1214 DC DC RLY» бренда «SIEMENS», решение было принято из-за просто работы в среде, также в лицензии WinCC Runtime Professional на 128 тегов идёт встроенная лицензия на MS SQL Server Standart, и возможность работы с VBA-скриптами, в которых можно работать с БД [1].

Так как был выбран ПЛК «S7-1200» от бренда «SIEMENS» среда разработки будет TIA Portal V16.

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – интегрированная среда разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов от уровня приводов и контроллеров до уровня человеко-машинного интерфейса. Является воплощением концепции комплексной автоматизации (англ. Totally Integrated Automation) и эволюционным развитием семейства систем автоматизации Simatic компании Siemens AG [2].

Базовая система обладает высокой универсальностью и может использоваться в системах автоматизации различных секторов промышленного производства.

В качестве базы данных выбран MS SQL Server Standard, который идёт в пакете лицензий к WinCC Runtime Professional.

Microsoft SQL Server — система управления реляционными базами данных (РСУБД), разработанная корпорацией Microsoft. Основной используемый язык запросов — Transact-SQL, создан совместно Microsoft и Sybase [3].

Логическая модель базы данных — схема базы данных, выраженная в понятиях модели данных [4]. Логическая диаграмма автоматизированной системы состоит из далее рассматриваемых таблиц.

В таблице Value\_Now хранятся текущие значения по концентрациям, выбросам, приведённые и не переданные по «ЭкоНиП» [5], а так значение аналогового сигнала 4-20 мА по каждому компоненту (СО, СО<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и др.), а также вспомогательным датчикам (температура, расход, давление, давление воздуха КИП). Здесь же хранится слово состояние всех дискретных сигналов и HMI Alarm тегов (аварийных сообщений, уведомлений), которые для удобства сложены в три переменных типа DWORD, что равносильно типу int32 (StateWord1, StateWord2, StateWord3), благодаря преобразованию в одно слово можно записать до 32 битов (тегов типа bool) в один, который будут занимать 4 байта.

Таблицы Concentration\_20m, Emission\_20m, Parameter\_20m хранят усреднённые значения: концентраций, выбросов и вспомогательных параметров (температура, давление, скорость и т. д.) за 20 минут соответственно, по каждой записи учитывается вид топлива, которое использовались в эти 20 минут. Архивация усреднённого значения в БД происходит строго в 19, 39 и 59 минут каждого часа, непрерывно.

Таблицы PDK\_1\_Day, PDK\_2\_DAY, PDK\_3\_DAY хранят предельно допустимые концентрации для каждого топлива (в основном не больше 3). Запись в каждую таблицу производится 1 раз в сутки в 0 часов 0 минут, и записанные значения будут действовать на протяжении всех суток.

Таблицы PDV\_1\_Day, PDV\_2\_DAY, PDV\_3\_DAY хранят предельно допустимые выбросы для каждого топлива (в основном не больше 3). Запись в каждую таблицу производится 1 раз в сутки в 0 часов 0 минут, и записанные значения будут действовать на протяжении всех суток.

Диаграмма классов автоматизированной системы состоит из далее рассматриваемых классов.

Класс ReportMonthFull отвечает за страницу месячного отчёта. Он складывает все 20 минутные значения за день и выводит таблицу средние

значения за день на заданный месяц, так же подсвечивает превышения, если они имеются.

Класс ReportDayFull отвечает за страницу суточного отчёта. Он формирует все двадцатиминутные усреднённые значения концентраций, выбросов и параметров, затем выводит их пользователю, подсвечивая значение с превышением красным цветом и процентом превышения.

Классы Value\_Now, Emission\_TaskVals, Concentration\_20m, Emission\_20m, Parameter\_20m, PDK\_1\_Day, PDK\_2\_DAY, PDK\_3\_DAY, PDV\_1\_Day, PDV\_2\_DAY, PDV\_3\_DAY являются ViewModels таблиц базы данных для Entity Framework, через эти классы реализовано чтение данных из базы данных.

Классы FirstBitArray, SecondBitArray, ThirdBitArray раскладывают слово состояние из базы данных (StateWord1, StateWord2, StateWord3) на биты и присваивают значение дискретов, аварий и уведомлений переменным, для последующей удобной работы.

Класс DBContion хранит данные для подключения к базе данных автоматизированной системы.

Класс State отвечает за страницу состояние, на которых отображены все возможные состояния оборудования и уведомления, в случае аварии соответствующее состояние подсвечиваются красным цветом и включается звуковая сирена.

Класс CurrentValue отвечает за страницу значений и выводит пользователю текущие значения концентраций, выбросов, параметров приведённые и не приведённые, аналоговый сигнал 4-20 мА и предельно допустимые значения концентраций и выбросов, если они нормируются. Систематизирует соответствующей подсвечиванием компонентов и звуковой сигнализацией при превышении или подходу к пороговому значению.

Детально описываются методология и методы, на которых основано исследование.

## **2. Результаты и их обсуждение**

Для доступа к web-приложению используется веб-браузер, желателен «Google Chrome». Для доступа на самом сервере, в адресной строке необходимо ввести <http://localhost/ask> или <http://192.168.10.2/ask> для доступа в подсети предприятия. При переходе по ссылке откроется экранная форма «Стартовая страница».

На данной странице указана общая информация о системе АСК, а также на ней расположены часы реального времени.

В верхней части экрана имеются системные состояния АСК (рисунок 1).



Рисунок 1 – Системные состояния АСК

Нажав кнопку «Датчики» откроется модальное окно (рисунок 2), где отображены все подключенные аналоговые датчики, текущее их значение без перерасчёта и приходящие их 4-20 мА, для аттестации аналоговых ВХОДОВ.

Параметр	Выходная величина	Ток (мА)
Оксид углерода (CO)	1,367 mg/m <sup>3</sup>	4,016
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	7,357 %	9,887
<b>Оксиды азота (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>162,977 mg/m<sup>3</sup></b>	<b>7,477</b>
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	105,975 mg/m <sup>3</sup>	4,848
Кислород (O <sub>2</sub> ), (сух. газы)	13,672 %	14,415
Кислород (O <sub>2</sub> ), (влажн. газы)	11,826 %	13,106
Давление	100,498 кПа	12,346
Температура	72,562 С°	9,806
Скорость	16,092 м/с	10,436
Твердые частицы	34,447 mg/m <sup>3</sup>	6,756
<b>Давление воздуха КИП</b>	<b>6,145 Bar</b>	<b>12,193</b>
<b>Температура конвертера NO<sub>x</sub></b>	<b>401,628 С°</b>	<b>18,280</b>
<b>Расход пробы на газоанализаторе</b>	<b>80,100 литр/час</b>	<b>16,816</b>

Рисунок 2 — Датчики системы

Скада WinCC Runtime после пусконаладочных работ программиста не требует запуска и выключений, она работает на протяжении всего пе-

риода работы АСК, если вдруг сервер был отключен (отключение сервера запрещено) при запуске сервера скада будет автоматически запущена.

У скады есть главное окно, которое первоначально встречает пользователя.

Данное исследование отражает предыдущие научные доклады по моделированию, проектированию, модуляции данной системы контроля за выбросами.

### **Заключение**

Разработанный программный продукт является неотъемлемой частью сложной системы АСУ ТП предприятия и не может существовать отдельно от других, более низких по уровню компонентов системы [6]. В исследуемой работе на данном этапе отражена часть автоматизированной системы принятия решений и контроля за выбросами твердотопливного котла. Автор продолжит демонстрацию работы в последующих научных докладах.

Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них. Данный раздел может быть включен в предыдущий.

### **Библиографические ссылки**

1. Сундуков Е.А., Калько А.И. Моделирование автоматизированной системы контроля за выбросами загрязняющих веществ // Актуальные вопросы физики и техники: материалы XI Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов, посвященной 100-летию со дня рождения академика Белого Владимира Алексеевича. 21 апреля 2022. Гомель, 2022. С. 237–239.
2. Интегрированная среда разработки TIA Portal v17/ SIEMENS. Германия: Siemens, 2021.
3. Работа с хранимыми процедурами SQL METANIT. URL: <https://metanit.com/sql/sqlserver/11.1.php> (дата обращения: 03.08.2022.)
4. Физическая и логическая модель данных. URL: <https://leally.ru/good-to-know/logicheskaya-model-logicheskaya-model-dannyh-obekty-atributy-i/> (дата обращения: 23.08.2022.)
5. Экологические нормы и правила Республики Беларусь. URL: <https://www.ecoinfo.by/content/1327.html> (дата обращения: 15.08.2022.)
6. Калько А.И., Бруйло А.А. Автоматизированное рабочее место диспетчера котельных с особыми потребностями КУП «Волковысское коммунальное хозяйство» // Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, 9–10 декабря 2021. Минск, 2021. С. 100–103.