

# АВТОМАТИКА. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

---

УДК 004.4:004.9

МРНТИ 50.41.25

**Е. В. Блинаева**, к.т.н.

Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
им. Д. Серикбаева

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ ПРОЦЕССОМ ИНФРАЗВУКОВОЙ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ

---

Представлен проект поддержки программного обеспечения. Описаны схемы диалога АСУ процессом инфразвуковой пылегазоочистки дымовых газов.

**Ключевые слова:** программная реализация АСУ процессом инфразвуковой пылегазоочистки, автоматная модель, мнемосхема.



Бағдарламалық жасақтауды қолдау жобасы ұсынылған және түтінді газдардың инфрадыбыстық шаңгазтазарту процесінің АБЖ диалогының сұлбасы сипатталған.

**Түйінді сездер:** инфрадыбыстық шаңгазтазарту процесінің АБЖ бағдарламалық іске асыру, автоматты модель, мнемосұлба.



We present a project of program software support and described dialogue schemes of automation management system by the process of infrasound gas-duster of smoke gases.

**Key words:** program realization of automation management system of infrasound gas-duster, automatic model, mnemonic scheme.

Основой электроэнергетики как Российской Федерации, так и Казахстана является теплоэнергетический комплекс. Все действующие ТЭЦ и крупные котельные работают на местных углях с зольностью до 50 %. Теплотворная способность этих углей колеблется в пределах 3500-4200 ккал/кг. Зольность, отнесенная к 1000 ккал, может превышать 10 (для западноевропейских ТЭЦ этот показатель не превышает 2). Содержание серы

составляет 0,5-0,7 %, азота - 0,5-1,5 %. Исходная запыленность дымовых газов может достигать 70-100 г/м<sup>3</sup>.

В настоящее время на долю теплоэнергетики в Республике Казахстан приходится 42 % общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников. При этом традиционная технология пылевидного (камерного) сжигания углей является преобладающей в энергетике Российской Федерации и Республики Казахстан, и крайне важно повысить эффективность и "экологичность" этой технологии. Для этого необходимо оптимизировать средствами автоматизации сгорание углей за счет подачи кислорода (воздуха) непосредственно в топку котла. Однако основной упор должен быть сделан на пылегазоочистку уходящих газов уже за пределами котлов.

На объектах энергетики были проведены экспериментальные исследования по применению приборов инфразвуковой очистки (ИФС-1) дымовых газов котельных установок от загрязняющих веществ [1]. При сжигании топлива в постоянном режиме образовавшийся пылегазовый поток со средней скоростью 23,75 м/с и температурой до 190 °С очищался в батарейном циклоне. После циклона прибором MSI-150 PRO производились замеры концентрации загрязняющих веществ: окислов азота NO<sub>x</sub>, окислов серы SO<sub>2</sub>, оксида углерода CO, определялась и запыленность газов. Была смонтирована вставка прямоугольного сечения, устанавливаемая в газоходе, которая позволяет изменять его внутреннюю высоту. Затем устанавливались приборы ИФС-1 в газоход до циклона так, чтобы подача инфразвукового излучения с частотой до 30 Гц осуществлялась перпендикулярно направлению движения пылегазового потока. При проведении опытов последовательно уменьшалась высота газохода при включенном приборе ИФС-1. После инфразвукового воздействия при различной высоте газохода прибором MSI-150 PRO повторно осуществлялись замеры концентраций загрязняющих веществ.

Экспериментальные данные были обработаны методом регрессионного анализа и получены уравнения зависимостей концентраций загрязняющих веществ SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO и запылен-

ности от интенсивности инфразвукового воздействия и геометрических размеров газохода.

Автоматизированная система управления предназначена для контроля технологических параметров установки очистки дымовых газов котлового агрегата и автоматизированного поддержания предельно допустимых концентраций  $SO_2$ ,  $NO_x$ , твердых веществ в газах, а также разрежения в заданном диапазоне.

На нижнем уровне расположен процессор контроллера SIMATIC серии S7-300, обеспечивающий измерение, преобразование, контроль технологических параметров. Процессор контроллера производит регистрацию отклонений технологических параметров от заданных границ и сигнализирует об отклонениях.

На верхнем уровне системы располагается рабочее место оператора, в состав которого входит компьютер Pentium-4, оборудованный сетевой картой CP5611 для подключения рабочего места оператора к сети PROFIBUS (RS485) и осуществления связи с процессором контроллера S7-300. Компьютер находится под управлением операционной системы Windows NT4.0 SP6, IE5. Программный пакет WinCC, установленный на компьютере, является рабочей средой, обеспечивающей функционирование программной части системы автоматизации и контроля, отвечающей за интерфейс с оператором.

**Параметры входной информации.** Датчик концентрации твердых частиц в газах после установки - аналоговый выходной сигнал 4...20 mA. Датчик концентрации  $SO_2$ ,  $NO_x$  в газах после установки - выходной сигнал по протоколу RS485. Датчик разрежения газов после очистки - выходной аналоговый сигнал 4...20 mA. Датчики положения днища установки ИФС - конечные выключатели с выходным дискретным сигналом "сухой контакт". Интерфейс PROFIBUS для связи контроллера с ПК оператора.

**Параметры выходной информации.** Выходные сигналы управления электромагнитными клапанами. Формат управляющего слова: двоичный код. Выходные сигналы управления промежуточными реле включения приборов ИФС. Формат управляющего слова: двоичный код.

**Элементная база.** Предполагается использование приборов и аппаратуры зарубежного производства и производства РФ.

Все приборы имеют унифицированные выходные сигналы. Допускается применение других аналогичных приборов.

**Программное обеспечение (ПО).** Программа нижнего уровня (процессора) выполняется на базе программного обеспечения STEP-7. В качестве SCADA (системы сбора и управления данными) предлагается использовать текущую версию Windows Control Center - WinCC. Система обеспечивает работу оборудования в автоматическом режиме, а также дистанционное управление (с персонального компьютера). Электропитание процессора контроллера (S7-300) организовано таким образом, что при нарушении электроснабжения система сохраняет работоспособность в течение 15 мин. Электропитание аналоговых и дискретных цепей выполнено от независимых источников с использованием устройств бесперебойного питания и аккумуляторных батарей.

**Программное обеспечение верхнего уровня и работа с данными на экране оператора.** Данные о технологическом процессе выводятся на мнемосхемы, их количество и содержание формируются при проектировании. Вывод данных производится в виде графического представления или табличного. При этом оператору предоставляется возможность самому выбирать переменные и их количество: это удобно для поиска и анализа нарушений. Данные, выбранные оператором за необходимый период, могут пересылаться на удаленные компьютеры в доступном для пользователя формате.

Текущий архив обо всех архивируемых переменных процесса - скользящий: месяц назад от реального времени. Аналогично работает буфер сообщений о процессе на 1 тыс. записей, по заполнению буфера старые сообщения затираются новыми. Опыт работы на многих участках АСУТП показал достаточность этих значений (возможна их корректировка).

**Аппаратное и программное обеспечение нижнего уровня.** В качестве основного элемента управления системы на нижнем уровне предлагается хорошо себя зарекомендовавший контроллер SIMATIC S7-300, который оснащен широким набором функций, позволяющих в максимальной степени упростить процесс разработки программы, ее отладки и обслуживания контролле-

ра в процессе его эксплуатации. Данный контроллер позволяет применить его диагностические функции и опыт работы обслуживающего персонала на предыдущих объектах, а также унифицировать элементную базу запасных частей. Наличие встроенного интерфейса связи позволяет полностью реализовать управление и визуализацию контролируемых параметров технологического процесса. Модули связи с объектом (УСО) позволяют использовать любые типы датчиков с унифицированным выходным сигналом и любые исполнительные механизмы, частотные преобразователи, рассчитанные также на унифицированный управляющий сигнал.

Алгоритм работы узла инфразвуковой очистки:

1) В исходном состоянии все приборы ИФС (Е1...Е4) отключены, днище установки опущено. Устанавливается требуемая частота опроса датчиков, заданные значения концентраций  $SO_2$ ,  $NO_2$ , содержание твердых частиц в отходящих газах.

2) Опрос датчиков. После опроса показаний датчиков данные загружаются в стек.

3) Взятые из стека данные сравниваются с заданными.

4) При допустимых значениях ПДК система возвращается к пункту 2 и происходит новый опрос датчиков. При превышении значений ПДК - переход к пункту 5.

5) Включается прибор ИФС Е1.

6) Следующий опрос датчиков и сравнение значений из стека с заданными. При допустимых значениях ПДК прибор Е1 отключается, система возвращается к пункту 2 и происходит новый опрос датчиков. При превышении значений ПДК - переход к пункту 7.

7) На определенное время открывается клапан подачи сжатого воздуха ИМ1. Днище поднимается на 50 мм. Данные датчиков из стека сравниваются с заданными. При вхождении текущих значений параметров процесса в пределы заданных, днище опускается - переход к пункту 6. При превышении - продолжается подъем днища по пункту 7. Если при полном поднятии днища значения параметров из стека выше заданных, система переходит к пункту 8.

8) Включается прибор ИФС Е2.

9) Следующий опрос датчиков и сравнение значений из стека с заданными. При допустимых значениях ПДК прибор Е2 отключается, опускается днище установки, система возвращается к пункту 2. При превышении значений ПДК - переход к пункту 10.

10) Включается прибор ИФС Е3.

11) Следующий опрос датчиков и сравнение значений из стека с заданными. При допустимых значениях ПДК прибор Е3 отключается, система возвращается к пункту 9. При превышении значений ПДК - переход к пункту 12.

12) Включается прибор ИФС Е4.

13) Следующий опрос датчиков и сравнение значений из стека с заданными. При допустимых значениях ПДК прибор Е4 отключается, система возвращается к пункту 11. При превышении значений ПДК - переход к пункту 14.

14) Выдача аварийного сигнала. Останов системы.

Контроллер должен обеспечивать управление параметрами дымовых газов, изменение которых следует осуществлять по заданному закону. Для удобства практической реализации алгоритм функционирования узла инфразвуковой очистки удобно представить в виде автоматной модели (рис. 1) [2]. Это ориентированный граф, вершины которого представляют действия (исполняемые операторы - составляющие технологии), а ребра (дуги) - условия переходов операторов.

Граф-схема позволяет наглядно представить алгоритм: его составляющие, число независимых состояний, их взаимосвязи, ориентировочно определить число команд, состав и объем оперативного запоминающего устройства программируемого контроллера.

В реализации программного кода предлагается применение SWITCH-технологии, в соответствии с которой схема автомата состоит из 2-х частей - схемы связей и графа переходов. Интерфейс оператора позволяет контролировать значения технологических параметров установки ИФС, выбирать режимы работы: ручной или автоматический, производить корректировку задания, просматривать журнал событий. Интерфейс оператора представляет собой мнемосхему с изображением оборудования

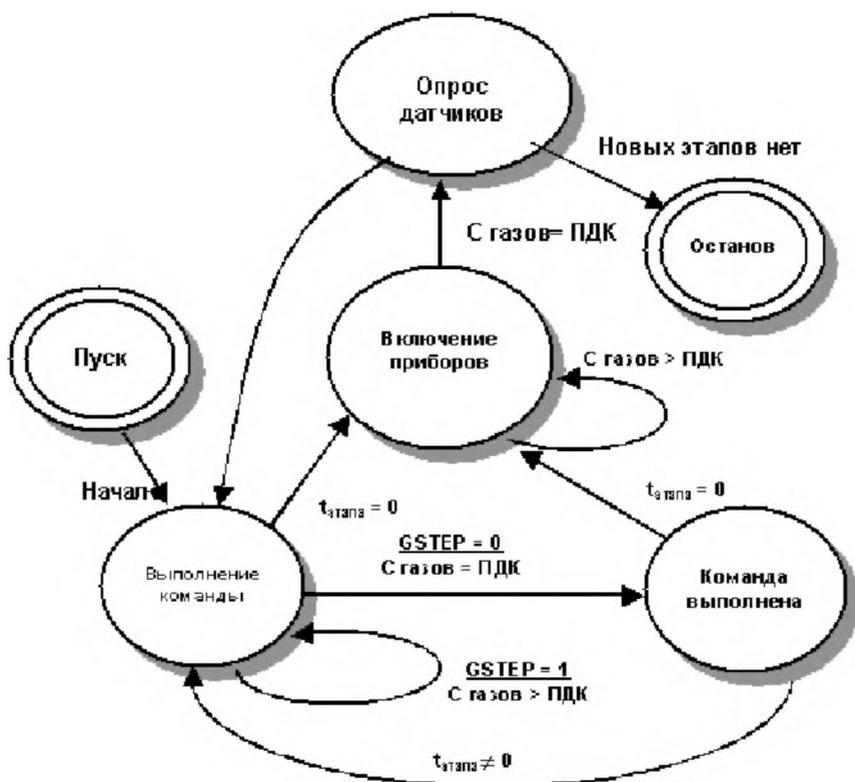


Рис.1. Автоматная модель состояний узла инфразвуковой очистки

установки ИФС, газоходов, кнопок управления процессом, индикаторов, полей отображения числовой и графической информации (рис. 2).

В автоматическом режиме установка работает по программе, заложенной в контроллере. На мнемосхеме отображаются значения параметров, состояния исполнительных механизмов и приборов E1...E2, осуществляется регистрация данных и запись их в журнал событий. В ручном режиме индикаторы состояния механизмов дополнительно выполняют функции кнопок.

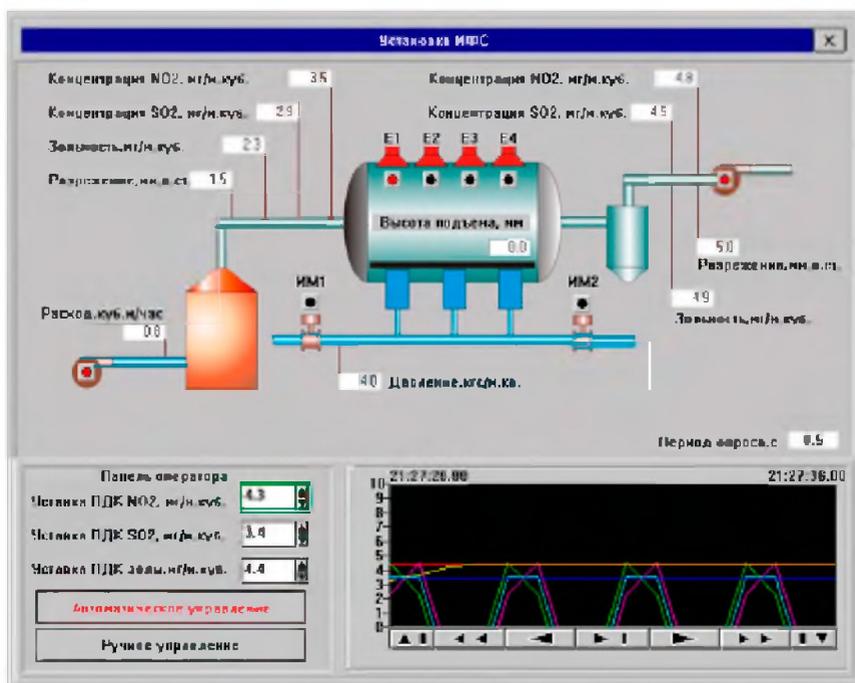


Рис. 2. Мнемосхема установки ИФС

Оператор по показаниям датчиков на мнемосхеме управляет включением или отключением того или иного прибора ИФС E1...E4, открытием или закрытием клапанов ИМ1, ИМ2. Также в ручном режиме предусматривается вход в меню калибровки и наладки оборудования и вход в меню настройки интерфейса.

Все действия оператора сопровождаются появлением дополнительных диалоговых окон, ожидающих от оператора принятия решений и подтверждения действий. При сбоях и аварийных ситуациях диалоговые окна сигнализируют оператору о событии и также ожидают принятия решений. Все действия протоколируются в журнал событий и доступны для изучения.

## Литература

1 Пат. № 42586 Республики Казахстан. Способ обработки пылегазовой смеси внешним инфразвуковым воздействием / Блинаева Е. В., Блинаева Ю. В.; опубл. 2003.

2 *Шалыто А. А.* Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. - СПб.: Наука, 1998. - 628 с.