

## СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ

П.Ф. Буданов, к.т.н. Д.Ю. Голубничий, д.т.н. Ю.Г. Даник,  
д.х.н., проф. В.Д. Калугин

*Предложена структура для аппаратно - программной реализации системы управления и принятия решений при анализе воздушной среды на объектах открытого и закрытого типа.*

Разработанная в [1] автоматизированная система контроля управления параметрами воздушной среды закрытых и открытых объектов обладает высокой степенью быстродействия, надёжности и многофункциональностью. Главным элементом блок - схемы этой системы является САПР – система анализа и принятия решений, которая анализирует первичную информацию и реализует быстродействующие механизмы исполнительных мероприятий по защите воздушной среды закрытых объектов различного назначения. В связи с этим необходимо разработать алгоритм функционирования САПР, что и явилось основной целью данной работы.

Поддержание параметров воздушной среды на закрытых объектах в установленных нормах позволяет уменьшить число ошибок, допускаемых обслуживающим персоналом, и обеспечивает своевременность выполнения поставленных задач. В [1] предложена структура автоматизированной системы управления параметрами воздушной среды, которая выполняет следующие функции:

- получение первичной информации о содержании опасных веществ в окружающей среде и принятие на основе этой информации оперативного решения и передачи команд на исполнительные устройства;
- получение вторичной информации об эффективности принятых защитных мер, выполненных на основе первичной информации;
- непрерывного формирования выходных данных для принятия решения по обеспечению безопасности личного состава.

Реализация этих функций возлагается на систему САПР. В качестве источников первичной информации используются газоанализаторы (ГА) воздуха, для определения его компонент ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$ ).

Каждый газоанализатор формирует аналоговый сигнал с диапазоном уровней напряжения  $U_{вх} = 1,0 \div 2,0$  В. В зависимости от значений  $U_{вх}$  всех используемых ГА САПР будет находиться в одном из режимов работы: чистой вентиляции (РЧВ), фильтровентиляции (РФВ), полной изоляции (РПИ), поддержания параметров воздуха (РППВ).

Каждый режим требует включенного (выключенного) или закрытого (открытого) состояния таких технических устройств, как: фильтровентиляционного агрегата (ФВА), заслонки фильтровентиляционного агрегата (ЗФВА), кондиционера (КДР), устройства поддержания параметров воздуха (УППВ).

Состояние всех названных технических устройств постоянно анализируется и представляется тетрадой состояний объектов управления (рис. 1).

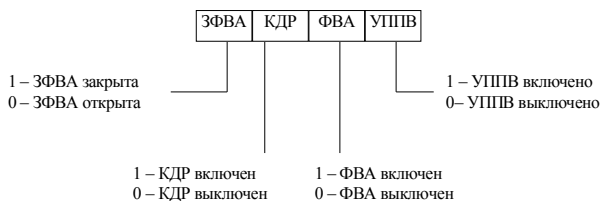


Рис. 1. Структура тетрады состояний объектов

В исходное состояние система переходит при включении питания либо за счет использования команды СБРОС (RESET), поступающей с пульта оператора (ПО). Исходное состояние системы соответствует РЧВ. Так, в нем необходимо, чтобы ЗФВА была открыта, КДР - выключен, ФВА - выключен, УППВ - выключен, т.е. код состояния будет равен 0000. Коды всех состояний САПР показаны в табл.1.

Таблица 1

Коды состояний САПР

№ п/п	Состояние	Тетрада состояния
1	РЧВ	0 0 0 0
2	РФВ	1 0 1 0
3	РПИ	1 1 0 0
4	РППВ	1 1 0 1

В случае выхода параметров воздуха из нормы в РППВ выдается на ПО сигнал ТРЕВОГА.

Структурно место САПР в автоматической системе контроля управления параметрами воздушной среды представлено на рис. 2.

В общем случае на вход системы поступает информация от  $i$ -го ГА, где  $i = \overline{(1, n)}$ . При этом объектами управления может выступать произвольное число исполнительных устройств. В случае наложения следующих ограничений при разработке системы САПР возможно использование специализированных микроконтроллеров. Такими ограничениями являются:

- максимальное количество подключаемых к ГА измерителей преобразователей - 6;

- максимальное количество объектов управления – 8;
- уровень напряжения от ГА –  $0 \div 5 \text{ В} \pm 5\%$ ;
- время выполнения команд объектом управления - не более

500 мксек.

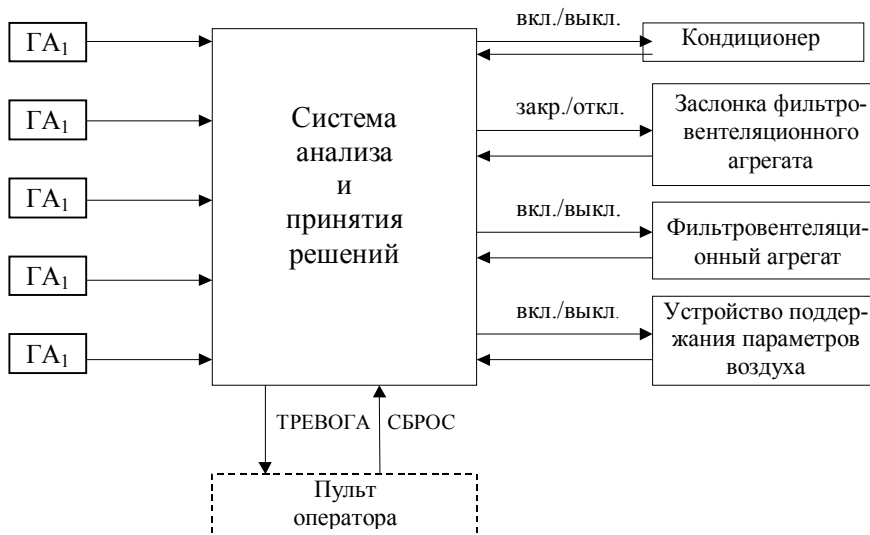


Рис. 2. Структурная схема применения САПР

Реализовать такую систему возможно за счет использования специализированного микроконтроллера AT90S2333 фирмы Atmel, который реализован с использованием расширенной RISC архитектуры AVR по КМОП технологии. Исполняя по одной команде за период тактовой частоты, AT90S2333 имеет производительность около 1MIPS на МГц.

AT90S2333 предлагает следующие возможности: 2кБ загружаемой Flash-памяти программ; 128 байт EEPROM; 128 байт статического ОЗУ; 20 линий ввода/вывода общего назначения; 32 рабочих регистра общего назначения; 2 настраиваемых таймера/счетчика с режимом совпадения; аналоговый компаратор; внешние и внутренние прерывания; программируемый универсальный последовательный порт; шестиканальный десятиразрядный аналого - цифровой преобразователь (АЦП); программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором; SPI последовательный порт для загрузки программ; два программно выбираемых режима низкого энергопотребления.

Холостой режим (Idle Mode) отключает микроконтроллер, оставляя в рабочем состоянии регистры, таймеры/счетчики, SPI порт и систему прерываний. Экономичный режим (Power Down Mode) сохраняет содержимое регистров, но отключает генератор, запрещая функционирование всех встроенных устройств до внешнего прерывания или аппаратного сброса.

Использование AT90S2333 позволяет существенно упростить реализацию алгоритма работы всей САПР, а встроенный 10-разрядный - обрабатывать изменение уровня напряжения  $U_{вх}$ , поступающего от ГА. Поэтому электрическая принципиальная схема (рис.3.) будет содержать помимо AT90S2333 лишь схему программирования его Flash-памяти, реализованную на коммутаторе i4053, блоке перемычек HEADER 5\*2, резисторах R1 – R3 и светодиоде D1.

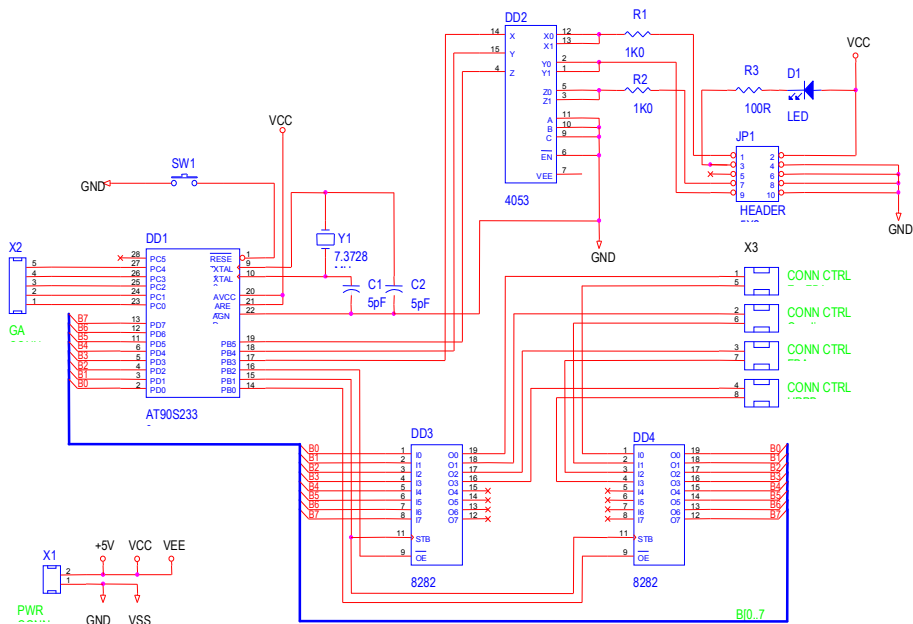


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема САПР

Для организации управления и анализа состояний используются два регистра DD3 и DD4, реализованные на микросхеме i8282 (отечественный аналог КР580ИР82) [2]. Микросхема КР580ИР82 - восьмиразрядный адресный регистр, который имеет повышенную нагрузочную способность за счет использования на выходе регистров – "зашелок".

Условное графическое изображение микросхемы приведено на рис.4, а назначение выводов – в табл. 2.

Каждая микросхема состоит из восьми одинаковых функциональных блоков и схем управления. Блок содержит D-триггер-"зашелку" и мощный выходной вентиль. С помощью схемы управления вырабатываются импульсы стробирования записываемой информации и импульсы управления третьим состоянием выходных вентилях.

В зависимости от состояния стробирующего сигнала STB микросхема может находиться в двух режимах: в режиме шинного формирователя и в режиме хранения.

*Принцип работы регистра.* При высоком уровне сигнала STB и низком уровне сигнала  $\overline{OE}$  микросхема работает в режиме шинного формирователя: информация на выходах Q соответствует информации на входе D. При переходе сигнала STB с состояния высокого уровня в состояние низкого уровня (задний фронт импульса) происходит "защелкивание" переданной информации в внутренних триггерах, и она сохраняется до тех пор, пока STB на входе STB поддерживается напряжение низкого уровня. На протяжении этого времени изменение информации на входах D не влияет на состояние выходов Q. При переходе сигнала STB снова в состояние высокого уровня состояние выходов снова приводится в соответствие информационным входам D.

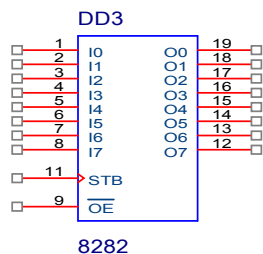


Рис. 4. Регистр i8282

Назначение выводов микросхемы i8282

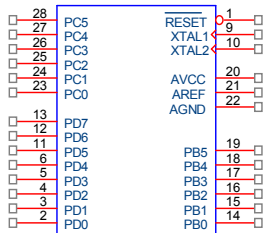
Таблица 2

Выход	Назначение	Тип вывода	Функциональное назначение выводов
1-8	D0—D7	вход	информационная шина
9	$\overline{OE}$	вход	разрешение передачи (управление 3-м состоянием)
10	GND	-	общий
11	STB	вход	стробирующий сигнал
12-19	Q7-Q0	выход	информационная шина
20	$U_{cc}$	-	напряжение питания +5 В $\pm 5\%$

При переходе сигнала в состояние высокого уровня все выходы Q переходят в 3-е состояние (высокоимпедансное состояние) независимо от входных сигналов STB и D. При возвращении сигнала в состояние низкого уровня выходы Q возвращаются в состояние, соответствующее внутренним регистрам.

Данная схема реализована на автоматизированной системе проектирования электронных устройств OrCad, которая позволяет на основе нарисованной принципиальной схемы спроектировать макет печатной платы.

*Описание микроконтроллера.* Основной элемент схемы – микроконтроллер AT90S2333, реализованный в 28-контактном PDIP корпусе (рис. 5), с такими контактами. VCC – вывод источника питания (+4.0– + 6.0В). GND – земля. Port В (PB5..PB0) – является 6-разрядным двунаправленным портом ввода/вывода. Выходные буферы порта В могут поглощать ток до 20мА. Если выходы PB3..PB0 используются как выходы, то они применяются для управления подключенными техническими устройствами: PB0 – УППВ; PB1 – ФВА; PB2 – КДР; PB3 – ЗФВА.



AT90S2333

Рис. 5. Микроконтроллер AT90S2333

Если выходы PB5..PB3 используются как входы, то они служат для организации записи управляющей программы в Flash память.

Port С (PC5..PC0) - является 6-разрядным двунаправленным портом ввода/вывода. PC4..PC0 используются как аналоговые входы от подключения 5 ГА.

Port D (PD5..PD0) - является 8-разрядным двунаправленным портом ввода/вывода. В устройстве зарезервирован для дальнейшей модификации и пока не применяется.

$\overline{\text{RESET}}$  – вход сброса. Удержание на входе низкого уровня в течение двух машинных циклов (если работает тактовый генератор), сбрасывает устройство.

XTAL1 – вход инвертирующего усилителя генератора и вход внешнего тактового сигнала.

XTAL2 – выход инвертирующего усилителя генератора.

AVCC – вывод источника питания аналоговой части микроконтроллера. Соединяется с VCC и не должен отличаться от последнего более чем на  $\pm 0.3\text{В}$ .

AGND – вывод земли аналоговой части микроконтроллера. Должен быть соединен с GND устройства.

AREF – вывод внешнего относительного напряжения. Должен принадлежать диапазону между AVCC – AGND.

Следует сказать, что значения потенциалов AVCC и AGND определяют шаг преобразования (квантования)  $U_{\text{ш}}$  аналогового сигнала в цифровой. Величина  $U_{\text{ш}}$  вычисляется по формуле [3]:

$$U_{\text{ш}} = \frac{(U_{\text{AVCC}} - U_{\text{AGND}})}{1024} = \frac{5}{1024} \approx 5\text{мВ}. \quad (1)$$

Тогда в регистр данных АЦП (ADC) при 10-разрядном преобразовании заносится двоичный код

$$N = \frac{1024 \cdot U_{\text{вх}}}{U_{\text{AVCC}}}. \quad (2)$$

Так, например, нетрудно подсчитать, что для  $U_{вх} = 1,632В$  будет получен двоичный код  $N = 101001101$ , а при  $U_{вх} = 1,644В - N = 101010000$ . Структурная схема микроконтроллера представлена на рис. 6.

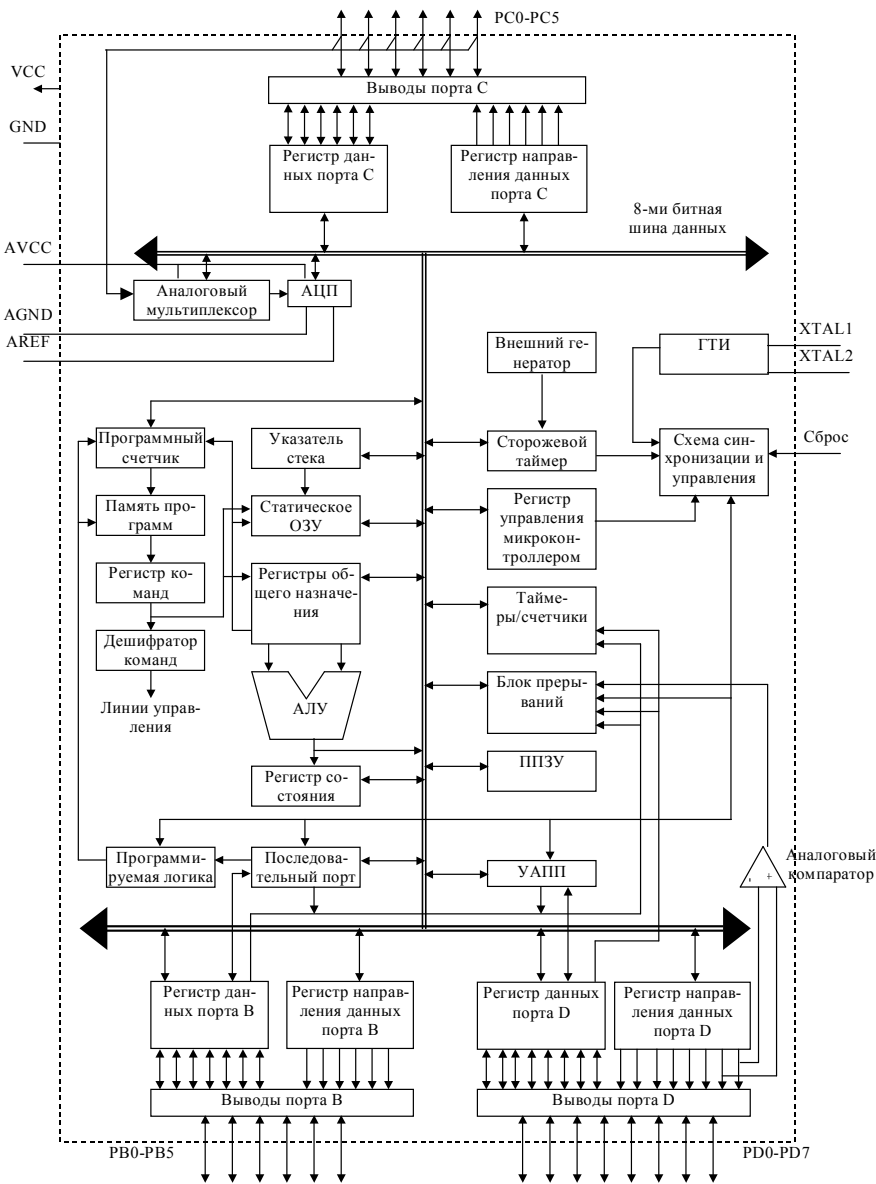


Рис. 6. Структурная схема микроконтроллера

Константы, которые задают уровни исходных напряжений на входах аналого-цифрового преобразователя (АЦП), хранятся в электрически стираемой памяти данных (ППЗУ). При этом память данных рассчитана на не менее 100000 циклов записи/чтения. Таким образом, в зависимости от особенности применения устройства этими константами можно задавать пороговые значения для ГА, определяющие нормальное или ненормальное содержание соответствующих компонент воздушной среды.

Микроконтроллер функционирует по микропрограмме, загружаемой в память программ. Структурная схема такого алгоритма представлена на рис. 7.

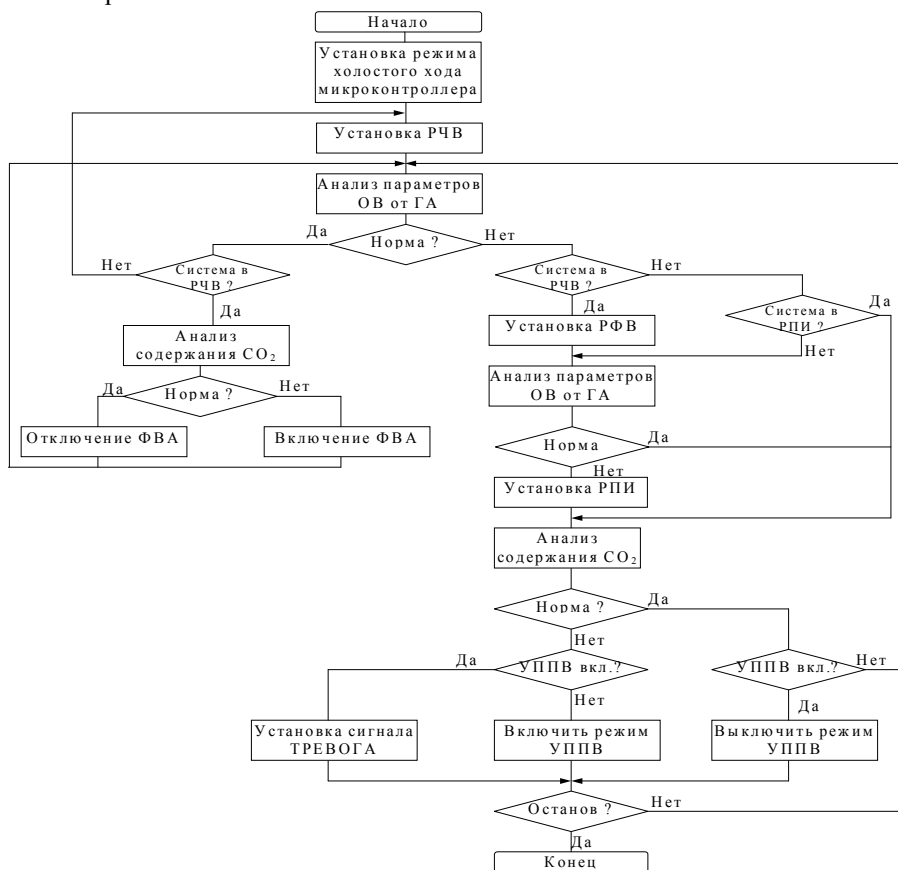


Рис. 7. Блок-схема алгоритма функционирования

Описание алгоритма микропрограммы. При включении питания или по нажатию на кнопку сброса (RESET) происходит начальная настройка параметров микроконтроллера. Она заключается в настройке



портов В, С и D на ввод-вывод, установке вершины стека, отключении питания аналогового компаратора (в работе не используется), переводе процессора в режим холостого хода.

На следующем шаге устанавливается режим чистой вентиляции, которому соответствует кодовая тетрада 0000. Для этого в порт PD обнуляется, и это значение заносится в регистр команд (микросхема DD3) путем задания в порт PB значения \$06 (выбор DD3 и формирование STB) и сброса STB, т.е. PB = \$01.

Анализ параметров отравляющих веществ осуществляется методом последовательного перебора значений величин входных напряжений на входах порта PC. Каждый разряд этого порта коммутируется через аналоговый мультиплексор (рис. 6) на АЦП, где производится его оцифровка. Полученный код сравнивается с эталонным пороговым значением, прошитым в памяти данных (ППЗУ). Эта операция повторяется для всех разрядов порта PC[0..4], соответствующих пяти ГА. Если значения всех кодов, полученных таким способом, не превысят допустимые значения, то данная ситуация воспринимается как НОРМА.

Тогда, осуществляется дополнительная проверка содержания углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Если его значение не превышает 0,3 %, а регистр состояний (микросхема DD4) показывает нам, что ФВА включен, то нам необходимо дать команду на отключение ФВА с целью экономии его ресурса. Для этого мы должны загрузить код управления в порт PD с PD[1]=0. Формирование OE и STB производится аналогично описанному выше способу. Однако, при превышении порога в 0,3 % содержания углекислого газа в регистр команд через разряд PD[1] будет занесена 1, что соответствует включенному ФВА.

В случае, когда концентрация ОВ и ОГ на входе системы не в норме и система находится в режиме РЧВ, то стоит задача перейти в РФВ, который характеризуется закрытой ЗФВА и включением ФВА. Для этого необходимо установить в порту PD значение \$0A и записать его в регистр команд. Если в режиме РФВ была определена норма, то возвращаемся в режим РЧВ путем записи в порт PD значения \$00. Если нормальное состояние воздуха восстановлено не будет, то система переходит в режим полной изоляции (РПИ). Для этого в регистр команд заносится значение \$C0.

В режиме РПИ опять осуществляется проверка от ГА содержания CO<sub>2</sub> и если НОРМА восстановлена, то возвращаемся в РЧВ. В противном случае, осуществляется переход в четвертый режим РППВ.

В режиме РППВ дополнительно включается УППВ загрузкой в регистр команд через PD[0] логической единицы.

Если НОРМА восстанавливается, то производим отключение сперва УППВ (в порт PD[0] = 0), затем открываем заслонку ЗФВА, выключаем КДР (порт PD[3,4] = 0).

Если САПР не удалось восстановить параметры воздуха в нормальное состояние, то выдается сигнал ТРЕВОГА, для которого можно выделить, например, 3 - й разряд порта В.

Процесс анализа параметров ОВ воздушной среды производится непрерывно в масштабе реального времени. Поэтому, алгоритм выполняется в цикле до тех пор, пока не будет отключено питание устройства или оператор ЭВМ не выполнит команду сброса.

В дальнейшем возможна модернизация устройства за счет использования 16- или 32 - разрядных регистра, что приведет к соответственному увеличению подключаемых объектов.

Таким образом, предложена техническая структура для аппаратно - программной реализации системы управления и принятия решений при анализе воздушной среды на объектах открытого и закрытого типа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Батурин Н.Г., Буданов П.Ф., Даник Ю.Г., Калугин В.Д. Автоматизированная система управления параметрами воздушной среды // Системи обробки інформації. – Харків : НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип.6(16). – С. 206 - 210.
2. Абрайтис Б.Б., Аверьянов Н.Н., Белоус А.И. и др. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем: Справочник. В 2 т. / Под ред. В.А. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1998. – Т.1. – 368 с.
3. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура программирования, интерфейс. – М.: ЭКОМ, 1999. – 400 с.

Поступила 28.12.2001

**БУДАНОВ Павел Феофанович**, преподаватель кафедры Харьковского военного университета. В 1981 году закончил Ростовское высшее военное командно-инженерное училище. Область научных интересов – применение автоматизированных систем управления.

**ГОЛУБНИЧИЙ Дмитрий Юрьевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры Харьковского военного университета. В 1993 году закончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – аппаратно - программная реализация автоматизированных систем управления.

**ДАНИК Юрий Григорьевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник научного центра при Харьковском военном университете. 1987 году закончил Житомирское высшее военное училище радиоэлектроники. Область научных интересов – обработка информации.

**КАЛУГИН Владимир Дмитриевич**, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры Харьковского военного университета. В 1961 году закончил Уральский политехнический институт. Область научных интересов – разработка и применение полупроводниковых измерительных преобразователей.