

УДК 681.5:697.97-5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

¹Пачкин С.Г., ²Котляров Р.В., ²Шевцова Т.Г., ¹Иванов П.П., ¹Ли С.Р., ¹Преснова А.С.

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово,

e-mail: sergon777@inbox.ru, ipp7@yandex.ru, li@kemsu.ru, presnova.0997@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
Кемерово, *e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru, shevcova-t@yandex.ru*

Основной задачей, которую решает система вентиляции, является обеспечение максимально комфортного воздушного пространства в помещении. Широкое применение систем приточно-вытяжной вентиляции в производственных и жилых зданиях обусловлено развитием новых производств, нуждающихся в поддержании определенных и постоянных параметров состояния воздуха; возрастающими требованиями к условиям труда и повышению производительности; увеличением закрытых помещений для длительного пребывания больших количеств людей и пр. Ручное управление системами вентиляции нерационально, зависит от времени года, климатических условий и пр. Разработка автоматизированной системы управления вентиляцией является актуальной задачей, поскольку позволяет повысить работоспособность человека, повышает уровень безопасности объекта и пр. Объектом автоматизации является система приточно-вытяжной вентиляции. Выбраны технические средства системы автоматизации, отвечающие условиям эксплуатации объекта автоматизации. Решены задачи разработки алгоритмического и программного обеспечения системы автоматизации. Разработана блок-схема алгоритма формирования сигналов в системе автоматической защиты водяного калорифера от замерзания и выхода из строя вентилятора приточного воздуховода при загрязнении соответствующего воздушного фильтра посредством останова электродвигателя вентилятора приточного воздуховода. Выполнена программная реализация алгоритма в среде CoDeSys. Рассчитаны основные затраты на создание и эксплуатацию автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляцией, экономический эффект и срок окупаемости. Внедрение автоматизированной системы управления экономически оправдано и целесообразно.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, приточно-вытяжная вентиляция, датчик, программируемый логический контроллер, ОВЕН, алгоритм системы автоматической защиты, CoDeSys

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR PLENUM EXHAUST VENTILATION

¹Pachkin S.G., ²Kotlyarov R.V., ²Shevtsova T.G., ¹Ivanov P.P., ¹Li S.R., ¹Presnova A.S.

¹Kemerovo State University, Kemerovo,

e-mail: sergon777@inbox.ru, ipp7@yandex.ru, li@kemsu.ru, presnova.0997@mail.ru;

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo,

e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru, shevcova-t@yandex.ru

The main task of the ventilation system is to ensure the most comfortable air space in the room. The widespread use of supply and exhaust ventilation systems in industrial and residential buildings is due to the development of new industries that need to maintain certain and constant parameters of the air condition; increasing requirements for working conditions and increased productivity; an increase in closed spaces for a long stay of large numbers of people, etc. Manual control of ventilation systems is not rational, it depends on the season, climatic conditions, etc. The object of automation is the supply and exhaust ventilation system. The technical means of the automation system are selected that meet the operating conditions of the automation object. The problems of the development of algorithmic and software for the automation system have been solved. A block diagram of the algorithm for generating signals in the system of automatic protection of a water heater from freezing and failure of the supply air duct fan when the corresponding air filter becomes dirty by stopping the electric motor of the supply air duct fan has been developed. The software implementation of the algorithm in the CoDeSys environment has been completed. The main costs for the creation and operation of an automated control system for supply and exhaust ventilation, the economic effect and the payback period have been calculated. The introduction of an automated control system is economically justified and expedient.

Keywords: automated control system, plenum exhaust ventilation, sensor, programmable logic controller, OWEN, automatic protection system algorithm, CoDeSys

Автоматизация является одним из важнейших факторов эффективности функционирования любого промышленного или бытового объекта. Основная задача, которую решает система вентиляции, – обеспечение максимально комфортного воздушного пространства в помещении [1]. Широкое при-

менение систем приточно-вытяжной вентиляции в производственных [2–4] и жилых зданиях [5, 6] обусловлено следующими причинами: развитие новых производств электронной, электротехнической, машиностроительной, химической, текстильной и других отраслей промышленности, нуж-

дающихся в поддержании определенных и постоянных параметров состояния воздуха; возрастающие требования к условиям труда и повышению производительности в горячих и мокрых цехах, угольных шахтах, рудниках и пр.; оснащение предприятий промышленности, связи, конструкторских и научно-исследовательских организаций приборами, точная и безотказная работа которых возможна только при определенных температуре и относительной влажности воздуха; увеличение количества закрытых помещений для длительного пребывания больших количеств людей (театры, кинотеатры, концертные залы, стадионы, рестораны, вокзалы и т.д.). Системы вентиляции в большинстве случаев представляют собой сложные системы инженерного оборудования для обеспечения эффективного воздухообмена. Ручное управление в этом случае нерационально, так как постоянно меняются показатели воздуха в зависимости от времени года, климатических условий, изменяется количество удаляемого и поступающего воздуха.

Разработка автоматизированной системы управления вентиляцией не только промышленных объектов [7, 8], но и большинства жилых, общественно-бытовых зданий [9, 10] является актуальной задачей. Внедрение систем автоматического управления позволяет: поддерживать оптимальную температуру воздуха и прочие показатели, влияющие на жизнедеятельность и работоспособность человека; регулировать интенсивность работы вентиляторов,

расположенных в приточном и вытяжном воздуховодах; своевременно предотвращать замерзание водяного калорифера и др. Важным преимуществом внедрения системы автоматизации вентиляции можно назвать то, что автоматизация повышает уровень безопасности объекта. Например, при срабатывании пожарной сигнализации может быть предусмотрено отключение устройств, работающих на приток, что способствует сдерживанию распространения пламени и его максимально скорой локализации. Внедрение системы автоматизации позволяет исключить работу системы вентиляции в критических режимах, при высоких или низких температурах, которые способствуют выходу из строя оборудования системы вентиляции, что приводит к необходимости его замены или дорогостоящего ремонта. Внедрение системы автоматизации вентиляции объекта снижает потребление электроэнергии в среднем на 20% [11].

Материалы и методы исследования

Объектом автоматизации является система приточно-вытяжной вентиляции [12]. Приточно-вытяжная вентиляция одновременно позволяет обеспечить приток свежего воздуха в обслуживаемое помещение и удалить отработанный воздух из него. Рассматриваемые системы вентиляции рекомендованы к использованию в бытовых и коммерческих помещениях площадью более 100 м². Схема приточно-вытяжной вентиляции представлена на рис. 1.

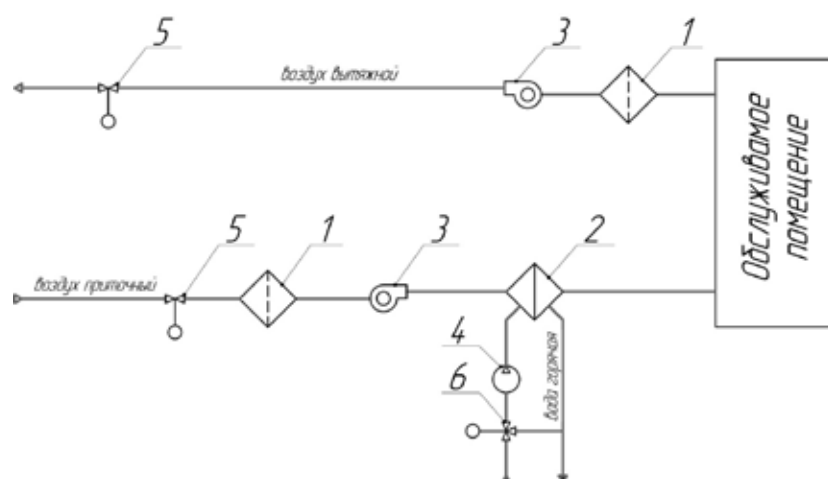


Рис. 1. Схема приточно-вытяжной вентиляции

1 – воздушные фильтры для очистки приточного и вытяжного воздуха; 2 – калорифер (или воздухонагреватель) для прогрева приточного воздуха в зимний период (теплоноситель – горячая вода); 3 – воздушные вентиляторы для подачи приточного воздуха в обслуживаемое помещение и вывода отработанного воздуха из него; 4 – водяной насос для циркуляции горячей воды через калорифер; 5 – заслонки на воздуховодах приточного и вытяжного воздуха; 6 – трехходовой клапан на трубопроводе горячей воды

Рассмотрим принцип работы системы приточно-вытяжной вентиляции. Уличный воздух с температурой от -30 до $+30$ °С в зависимости от сезона попадает в приточный воздуховод через открытую заслонку за счет работы воздушного вентилятора. Воздух фильтруется и подогревается в водяном калорифере до нужной температуры, которая зависит от заданной температуры в обслуживаемом помещении. Подогрев в водяном калорифере осуществляется, как правило, в зимний период, поскольку необходимо прогреть обслуживаемое помещение в среднем до температуры 25 °С. В летний период калорифер отключен, так как подогрев воздуха не нужен. Горячая вода поступает в калорифер из системы водоснабжения через трехходовой клапан и циркулирует за счет работы водяного насоса. Если калорифер перегревается, то трехходовой клапан переключается на циркуляцию воды в замкнутом контуре, т.е. приток свежей воды прекращается. Нагретый воздух поступает в обслуживаемое помещение и нагревает его до заданной температуры. С помощью воздушного вентилятора в вытяжном воздуховоде отработанный воздух через открытую заслонку удаляется в атмосферу. Таким образом, осуществляется вентиляция помещения. Отработанный воздух также фильтруется, чтобы ограничить выбросы пыли в атмосферу.

В системе должна быть предусмотрена защита калорифера от замерзания в холодный период года. Она осуществляется блокированием работы воздушного вентилятора в приточном воздуховоде и закрытием заслонки, которая ограничивает поступление уличного воздуха в систему. Блокировка производится при падении температуры на водяном калорифере ниже допустимой. В системе должна быть предусмотрена проверка засора воздушных фильтров пылью

и мусором. При засоре фильтра в приточном или вытяжном воздуховоде необходимо блокировать работу соответствующего воздушного вентилятора с целью защиты от перегрева и выхода из строя электродвигателя привода вентилятора. Факт засора воздушного фильтра определяется по перепаду давления до и после фильтра. Обычно перепад давления на воздушном фильтре не должен превышать 300 Па.

В приводе воздушных вентиляторов используются асинхронные электродвигатели Vilmann Z 100L2-4. Общие характеристики электродвигателей Vilmann Z 100L2-4: степень защиты – IP55; категория изоляции – F; максимальная температура воздуха 40 °С.

В составе системы приточно-вытяжной вентиляции используются вентиляторы WRW 70-40/35-4D. Технические характеристики вентиляторов: воздухообмен – 5787 м³/ч; габариты – $780 \times 481 \times 740$ мм; давление – $776,7$ Па; класс защиты – IP 54.

Условия эксплуатации приборов и средств автоматизации: напряжение питающей электросети 220 В, частота сети 50 Гц; отклонения напряжения от $+5$ до -5% ; температура воздуха окружающей среды от $+10$ до $+30$ °С; влажность воздуха не более 70% ; температура воды в системе не выше 80 °С.

В соответствии с СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение относится к категории Д – пониженная пожароопасность (негорючие вещества и материалы в холодном состоянии).

Перечень первичных и нормирующих преобразователей с указанием основных технических и эксплуатационных характеристик приведен в табл. 1. Исполнительные устройства и их характеристики указаны в табл. 2.

Таблица 1
Перечень первичных и нормирующих преобразователей, их характеристики

№	Наименование, тип, модель	Диапазон измерения	Допустимые условия эксплуатации	Выходной сигнал
1	Канальный датчик температуры воздуха QAM (Siemens)	$-50..+80$ °С	$-40..+70$ °С, $5..95\%$ относительной влажности	Pt100
2	Канальный датчик температуры воздуха QAM (Siemens)	$-50..+50$ °С	$-40..+70$ °С, $5..95\%$ относительной влажности	$4..20$ мА
3	Накладной датчик температуры QAD (Siemens)	$-30..+130$ °С	$-40..+70$ °С, $5..95\%$ относительной влажности	Pt1000
4	Преобразователь дифференциального давления DMU/A	$0..500$ Па	$0..+50$ °С, $0..98\%$ относительной влажности	$4..20$ мА

Таблица 2

Исполнительные устройства и их характеристики

№	Наименование, тип и модель	Допустимые условия эксплуатации	Входной сигнал	Сигнал состояния
1	Преобразователь частоты ATV310	Температура эксплуатации -10..+55 °С	4..20 мА	дискретный
2	Прямоугольная воздушная заслонка АЗД-190 с электроприводом BELIMO EF230A	Температура окружающей среды -30..+50 °С	дискретный	дискретный
3	Трехходовой клапан с электроприводом серии AL	Температура среды 1..110 °С	дискретный	дискретный

Для управления системой приточно-вытяжной вентиляции используется контроллер ОВЕН ПЛК73-ККККРРИИ. Дополнительно использован модуль дискретного вывода МУ110-224.16Р. Для визуализации работы системы приточно-вытяжной вентиляции использована панель оператора СП307-Б.

Таким образом, автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляцией включает в себя:

- сенсорный уровень: датчики температуры, перепада давления, частотный преобразователь, электродвигатели, пусковая аппаратура, воздушные заслонки с электроприводом, трехходовой клапан с электроприводом;

- контроллерный уровень: ОВЕН ПЛК73, модуль вывода дискретных сигналов МУ110;
- диспетчерский уровень: сенсорная панель оператора СП307.

Для связи оборудования сенсорного и контроллерного уровней используются стандартные подключения средств автоматизации, в том числе интерфейс «токовая петля». Для связи оборудования контроллерного уровня (ПЛК73, МУ110) применяется цифровой интерфейс RS-485. Для связи оборудования контроллерного и диспетчерского уровней (ПЛК73 и СП307) используется цифровой интерфейс RS-232. Для организации сетевой структуры коммуникационное оборудование не требуется.

Алгоритмическое обеспечение системы автоматизации приточно-вытяжной вентиляции включает в себя алгоритмы формирования сигналов: в системе автоматического регулирования температуры воздуха в помещении; в системах автоматической сигнализации о выходе значений технологических параметров за допустимые пределы; в системах автоматической защиты оборудования системы вентиляции.

В качестве примера рассмотрен алгоритм формирования сигналов в системе автоматической защиты водяного калорифера от замерзания и выхода из строя вентилятора приточного воздуховода при загрязнении соответствующего воздушного фильтра посредством останова электродвигателя М1 вентилятора приточного воздуховода. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 2, а. Окно программной реализации алгоритма системы автоматической защиты в среде CoDeSys на языке диаграмм логической (LD) представлено на рис. 2, б. В программе используются стандартные функции: блоки сравнения: GT – «Больше», LT – «Меньше»; нормально-открытые контакты; сбрасывающая обмотка. В программе приняты переменные: внешние, поступающие от средств измерения: dP – перепад давления на воздушном фильтре, T – температура воздуха вокруг калорифера; внешние, поступающие от оператора: dPmax – верхнее предельное значение перепада давления на воздушном фильтре, Tmin – нижнее предельное значение температуры вокруг калорифера; внешние, поступающие в схему управления электродвигателем: М1; внутренние для передачи сигналов между цепями программы: С1, С2.

Рассчитаны основные экономические характеристики: затраты на приобретение приборов и средств автоматизации разрабатываемой системы, капитальные вложения, условно-годовая экономия, экономический эффект и срок окупаемости. Проведенные расчеты показали, что внедрение системы автоматизации приточно-вытяжной вентиляции оправдано и принесет годовой экономический эффект в размере 120 тыс. руб. При этом срок окупаемости капитальных вложений на автоматизацию системы вентиляции составит 1,15 года, что отвечает нормативным требованиям.

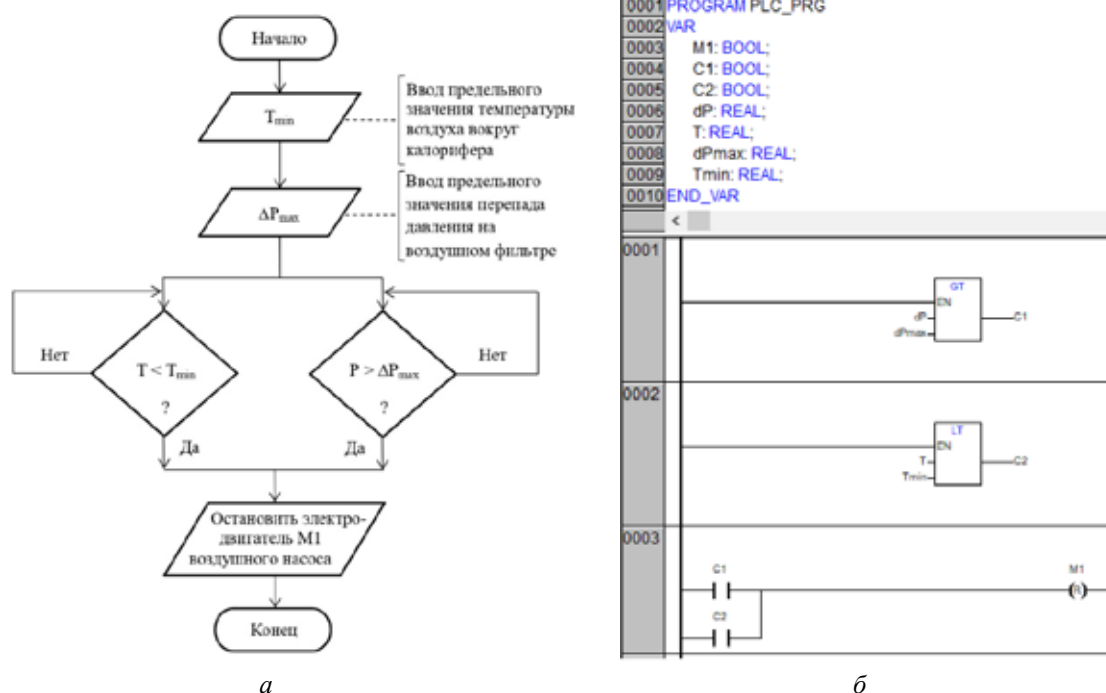


Рис. 2. Блок-схема алгоритма системы автоматической защиты (а) и его программная реализация в среде CoDeSys (б)

Заключение

Объектом автоматизации является система приточно-вытяжной вентиляции. Выбраны технические средства системы автоматизации, отвечающие условиям эксплуатации объекта автоматизации. Решены задачи разработки алгоритмического и программного обеспечения системы автоматизации. Разработана блок-схема алгоритма формирования сигналов в системе автоматической защиты водяного калорифера от замерзания и выхода из строя вентилятора приточного воздуховода при загрязнении соответствующего воздушного фильтра посредством останова электродвигателя вентилятора приточного воздуховода. Выполнена программная реализация алгоритма в среде CoDeSys. Рассчитаны основные затраты на создание и эксплуатацию автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляцией, экономический эффект и срок окупаемости. Внедрение автоматизированной системы управления экономически оправдано и целесообразно.

Список литературы

1. Тепляков А.А. Автоматизация и диспетчеризация систем вентиляции // Восточно-Европейский научный журнал. 2018. № 5–1 (33). С. 55–59.
2. Власенко О.М., Сорокин А.С., Абдулаев С.Х. Обогрев вентиляцией при автоматизации производственных зданий легкой промышленности // Дизайн и технологии. 2015. № 50 (92). С. 70–77.

3. Косоруков Д. Автоматизация вентиляции для деревообрабатывающего производства // Конструкторское бюро. 2016. № 12. С. 15–17.
4. Алиев М.Г., Пачкин С.Г., Иванов П.П., Котляров Р.В., Шевцова Т.Г. Новый взгляд на организацию автоматического управления микроклиматом при хранении семенного картофеля // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 11–2. С. 237–242.
5. Косоруков Д.В. Автоматизация вентиляции торгового центра: быстро, просто, надёжно и эффективно // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2016. № 2 (170). С. 60–61.
6. Капинос Н.Ю., Федоров Я.В., Широков Л.А. Автоматизация приточно-вытяжной вентиляции торгового центра // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 3 (119). С. 172–174.
7. Фесенко Э.О. Автоматизация промышленных систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Вестник современных исследований. 2018. № 2.2 (17). С. 58–59.
8. Шевляков Д.В., Воронов А.Э. Автоматизация технологического процесса вентиляции производственных помещений // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. 2017. № 1–2 (3). С. 92–94.
9. Ливчак В. Установление уровней удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение многоквартирных домов и обеспечивающих их систем автоматизации теплоснабжения // Городское управление. 2012. № 9 (194). С. 70–79.
10. Летинский А.С. Разработка контуров управления для объекта автоматизации системы управления технологическим процессом вентиляции и отопления насосной // Студенческий вестник. 2019. № 33–2 (83). С. 61–63.
11. Петров Н.Н. Устойчивость и автоматизация управлением вентиляции шахт как способ энергосбережения // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2014. Т. 1. № 2. С. 154–161.
12. Пучков Л.А., Каледина Н.О., Кобылкин С.С., Кобылкин А.С., Смирнов О.В. Локальное формирование параметров вентиляции, подлежащих контролю при автоматизации проветривания // Уголь. 2015. № 11 (1076). С. 58–61. DOI: 10.18796/0041-5790-2015-11-58-61.