

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬЮ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НОВОСИБИРСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

¹Ледовских А.В., Старжинская В.С., Бахвалова А.В., Гурова Е.Г., Макаров С.В.

¹ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия (630073, Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20), e-mail: is@nstu.ru

Рассматривается проблема эффективности и конструктивного совершенства системы вентиляции в Новосибирском метрополитене. В настоящий момент контроль микроклимата осуществляется по психрометрам и анализам проб воздуха, отбираемого на станциях, для определения в лабораторных условиях содержания углекислоты и пыли. Это сложно и малоэффективно. К тому же не всегда можно принять оперативные меры в случаях отклонения от нормы параметров воздуха. Использование управляемой вентиляции открывает новые возможности для решения этих проблем. Отсюда следует повышение оперативности, точности и качества измерений, уменьшение трудоемкости их выполнения, появление возможности автоматической поддержки определенного режима вентиляции, который, экономно затрачивая электроэнергию и трудовые ресурсы, обеспечит установленные параметры качества воздуха. Для совершенствования алгоритмов управления станционными и перегонными вентиляторами разработана микропроцессорная система управления в модели вентиляционной установки.

Ключевые слова: вентиляция, энергоэффективность, широтно-импульсная модуляция, алгоритм управления вентиляторами.

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF VENTILATION UNIT MODEL IN NOVOSIBIRSK UNDERGROUND

¹Ledovskih A.V., Starzhinskaja V.S., Bahvalova A.V., Gurova E.G., Makarov S.V.

¹«Novosibirsk state technical university», Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, pr-t K.Marksa, 20), e-mail: is@nstu.ru

The problem of efficiency and constructional perfection of the ventilation system in Novosibirsk underground is discussed. Nowadays microclimate control is carried out by hygrometers and air samples analysis, which is taken at stations to determine in the laboratory conditions the content of carbon dioxide and dust. It is difficult and ineffective. Besides it is not always possible to take prompt action in cases of departure from normal air parameters. Using the controlled ventilation system provides new opportunities to solve these problems. This implies increasing the efficiency, accuracy and quality of measurements, reducing the complexity of their implementation and appearance of the possibility of automatic support for a particular mode of ventilation, which provide the establishment parameters of air quality by effective expending energy and human resources. In order to improve the control algorithms of station and distillation fans, microprocessor control system in the model of ventilation unit was designed.

Keywords: ventilation, energy efficiency, pulse-width modulation, algorithm for control of fans.

Метрополитен является наиболее совершенным и важнейшим видом городского транспорта, который способен справляться с высокой интенсивностью пассажиропотока, как никакой другой вид городского транспорта. Эксплуатационные показатели метрополитена в значительной степени зависят от эффективности и конструктивного совершенства его системы вентиляции и теплоснабжения, на которые существенное влияние оказывают как частота движения поездов на линии, так и метеорологические и гидрологические условия города. [1]

Состояние воздушной среды влияет на самочувствие пассажиров, здоровье и работоспособность обслуживающего персонала, а также на сохранность технического оборудования. Это обуславливает повышение требования к теплоснабжению и в особенности к вентиляции. [2]

В составе чистого атмосферного воздуха содержится кислород, азот, аргон, углекислый газ и в очень небольших количествах неон, гелий, криптон, ксенон и водород. Как правило, только значительные изменения этого состава могут оказаться опасными для человека. Например, самочувствие человека может ухудшиться при содержании кислорода в воздухе менее 17% и более 23% или при увеличении содержания углекислого газа до 1%. При этом значение имеет не только количество в воздухе того или иного составляющего, но и время пребывания человека в образовавшейся газовой среде, т. е. чем меньше человек находится в среде воздуха, имеющего, например, завышенный процент углекислого газа, тем меньше он ощущает эти изменения [3]. Человек постоянно пополняет количество углекислого газа в вагоне, вдыхая с воздухом 0,03 – 0,05 % его, а выдыхая в 100 раз больше.

В соответствии с санитарными нормами концентрация углекислого газа не должна превышать 20 мг/м³ [4]. При большей, чем указано в нормативах, концентрации углекислого газа у людей может наступить потеря сознания, поэтому в главную задачу вентиляции входит не допустить опасных для человека концентраций вредных газов.

Также определяющее влияние на самочувствие человека имеют метеорологические факторы: температура, относительная влажность, барометрическое давление и подвижность воздуха.

Для станций и вестибюлей метрополитена характерно наличие значительных площадей холодных поверхностей, ограждающих конструкции (стен), и высоких скоростей воздушных потоков, возникающих из-за поршневого воздействия поездов. В этой связи обслуживающий персонал и пассажиры ощущают практически не ту температуру, которую показывает термометр, а несколько меньшую, называемую эффективно-эквивалентной, т. е. когда усиливается отдача тепла от человека к холодным стенам (экранам) и отдача конвекцией путем интенсивного «смывания» воздухом, а также когда скорость воздуха превышает 4 м/с, человек испытывает более низкую температуру, чем показывает термометр, и неприятные ощущения. Защитой от таких явлений для обслуживающего персонала может служить специальная одежда, укрытия в виде кабин, а также помещения, оборудованные промышленными телевизионными установками, позволяющими персоналу находиться в местах, удобных для работы, и видеть все происходящее на станции на экране.

Так как пассажиры находятся на станциях, в наклонных ходах эскалаторов и других сооружениях метрополитена незначительное время, на них указанные выше факторы особого влияния не оказывают.

Более серьезные задачи перед вентиляцией возникают в теплый, особенно в жаркий период года. При температуре окружающего воздуха, примерно равной температуре человеческого тела, и относительной влажности около 100% нарушается нормальная отдача тепла ор-

организмом, вследствие чего температура человеческого тела повышается. В этом случае у человека может наступить состояние теплового удара. [5]

Задачей вентиляции станций и тоннелей является не только поддержание в местах пребывания пассажиров и обслуживающего персонала заданных метеорологических условий и химического состава воздуха, удовлетворяющих гигиеническим требованиям, но и создание необходимых режимов проветривания при нарушении нормальной работы устройств метрополитена и задымлении.

В метрополитенах, как правило, предусматривается удаление с воздухом из сооружений на поверхность скапливающихся теплоты, влаги, газов и подача свежего воздуха в сооружения. Организация различных схем движения воздушных потоков с учетом технологии работы метрополитена (движение поездов, пассажиропотоки по времени суток и направлениям, состояние воздушной среды на поверхности, исправная работа вентиляционных агрегатов, квалифицированное обслуживание вентиляционных устройств, четкая система управления и диспетчерского контроля) является основой осуществления вентиляции станций и тоннелей. [6]

Исходя из вышесказанного, задачами вентиляционной системы являются:

- подача требуемого количества воздуха для обеспечения нормативного температурного режима на станциях в зимнее и летнее время, а также удаление вредных выделений в атмосферу (пыль, газ, бактериальная флора и т. д.).
- обеспечение комфортных аэродинамических условий для пассажиров и работников метрополитена, которые определяются притоком свежего воздуха, его температурой и скоростью движения в местах скопления людей.
- локализация развития аварийных вентиляционных режимов (пожар) и оперативное удаление продуктов горения по безопасным для людей маршрутам.

Для изучения систем управления вентиляцией метрополитена была разработана адекватная физическая модель, выполненная в форме односводчатой станции метрополитена (рисунок 1) в численном масштабе 1:50.

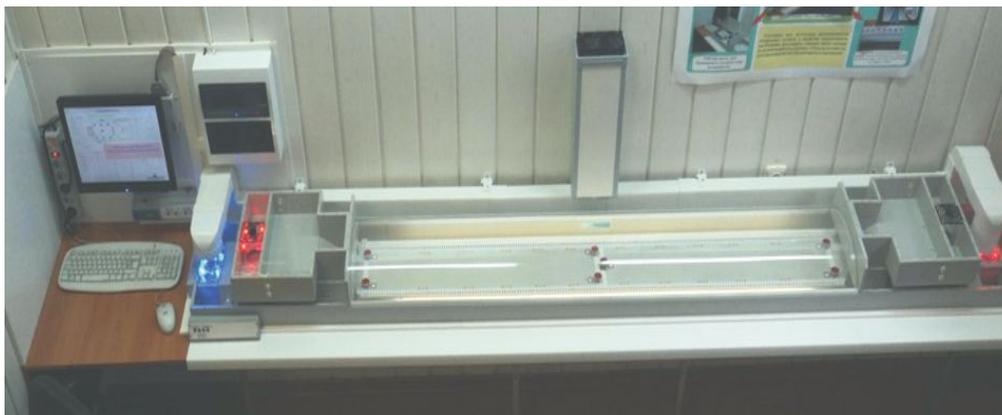


Рисунок 1. Общий вид лабораторного стенда

Модель (лабораторный стенд) системы автоматизированного управления проветриванием шахт (САУПШ) состоит из физической модели и математической модели. Интерфейс пользователя САУПШ позволяет имитировать процессы воздухораспределения и метановыделение в вентиляционной сети. Математическая модель состоит из узлов и ветвей, которые имеют свои параметры, такие, как сопротивление, координатное расположение в окне приложения. Потoki чистого или загрязненного воздуха имитируются красными или синими векторами. Приблизительное значение объема воздуха поступающего в элемент вентиляционной сети, отображается толщиной вектора. Математическая модель имеет шесть точек, с которых снимаются показания, имитируя датчики расхода воздуха и метана. Каждому датчику соответствует свой график. Так же имеется график мощности ВГП, где передаваемое значение измеряется в кубических дециметрах в секунду.

При разработке были проанализированы и смоделированы такие компоненты работы вентиляции метрополитена, как микроклимат на станции, поршневой эффект при движении поездов, адекватность в работе станционных и перегонных вентиляторов, а также, обработка полученных данных различных показателей, таких как: температура, влажность, содержание углекислого газа. Вентиляторы, отвечающие за поддержание климатических условий комфортных для организма человека на станции метрополитена, должны обеспечивать оптимальные значения данных показателей.

Для регулирования скорости вращения станционных и перегонных вентиляторов, моделируемых в лабораторном стенде, на базе микроконтроллера разработана система управления. Изменение скорости вращения вентиляторов производится по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Данный принцип позволяет производить управление в ключевом режиме, что повышает КПД системы, сохраняя при этом возможность плавного управления скоростью вращения.

Для подключения вентиляторов к микроконтроллеру разработана схема драйвера, представленная на рисунке 2. Драйвер в составе системы управления выполняет функции согласования сигналов и обеспечивает качественное управление вентиляторами.

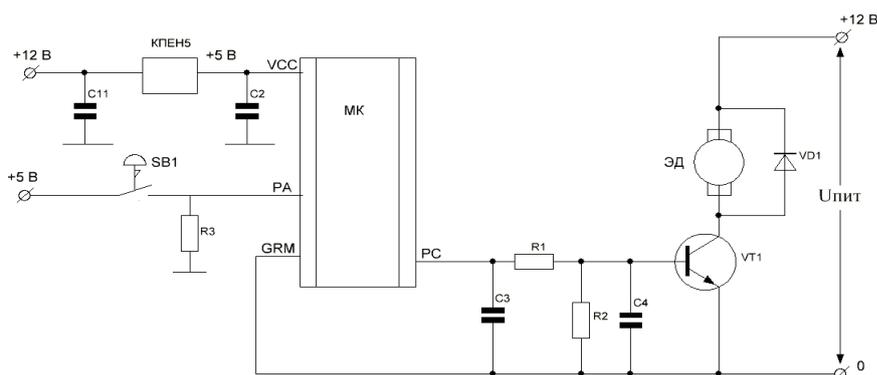


Рисунок 2. Микропроцессорный модуль управления вентиляторами

Блок-схема алгоритма управления представлена на рисунке 3. Алгоритм обеспечивает плавное увеличение и снижение скорости вращения вентиляторами, моделирование поршневого эффекта на станции.

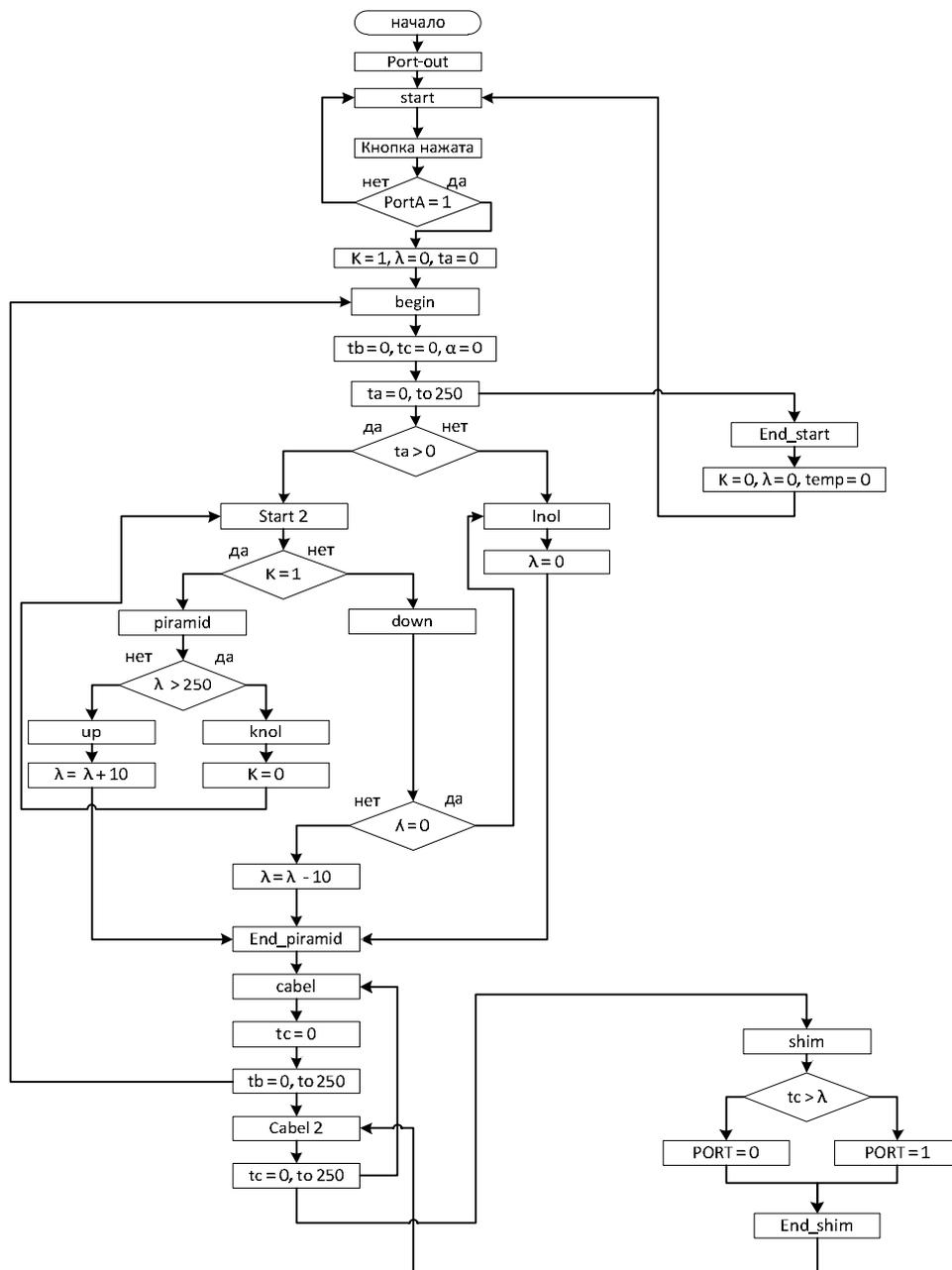


Рисунок 3. Алгоритм программы запуска и регулирования скорости вращения вентиляторов

Разработанный лабораторный комплекс позволяет исследовать различные режимы и законы управления тоннельными и станционными вентиляторами для обеспечения заданных показателей эффективности работы системы.

Список литературы

1. Цодиков, В.Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов [Текст]. – М. : Издательство «Недра», 1968. – 408 с.
2. Красюк, А.М. Тоннельная вентиляция метрополитенов [Текст]. – Новосибирск. : Наука, 2006. – 164 с.
3. Попов, В.П. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст]. – Л. : 1970. – 476 с.
4. СНиП 32-02-203: Метрополитены [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – М. ; Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 36 с.
5. Красюк, А. М. Особенности управления микроклиматом метрополитенов в условиях Западной Сибири [Текст]. /А.М. Красюк, Н.Н.Петров, Н.Л.Фрейдлин. Организация систем воздухообмена, контроля и управления микроклиматом, управление режимами вентиляции в экстремальных условиях в тоннелях и на станциях метрополитена: материалы конф. Хозяйственной ассоциации «Метро». – СПб. : 1997. – с. 21 – 28.
6. Фомичев, В. И. Вентиляция тоннелей и подземных сооружений [Текст]. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отделение, 1991. – 200с.

Рецензенты:

Аносов В.Н., д.т.н., проф., зав. кафедрой Электропривода и автоматизации промышленных установок Новосибирского государственного технического университета, г.Новосибирск;
Алиферов А.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой Автоматизированных электротехнологических установок Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск.