

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пасажи́рські купе сучасних вагонів мають глухі вікна, відсутня природна вентиляція купе. У цих умовах зростає роль якісної й надійної роботи вентиляції вагонів при експлуатації. У статті пропонуються нові підходи при проектуванні й проведенні модернізації систем керування вентиляцією в пасажирських приміщеннях рухомого состава.

Пассажи́рские купе современных вагонов имеют глухие окна, отсутствует также естественная вентиляция купе. В этих условиях возрастает роль качественной и надежной работы вентиляции вагонов при эксплуатации. В статье предлагаются новые подходы при проектировании и проведении модернизации систем управления вентиляцией в пассажирских помещениях подвижного состава.

The modern cars passenger compartments have the blank windows; there is no also natural ventilation in compartment. In these conditions, the role of qualitative and reliable work of cars ventilation grows during the time operation. In article new approaches during and carrying out of modernization control systems in passenger spaces of the rolling stock are offered.

Тенденции развития пассажирских перевозок всеми видами транспорта на протяжении всей своей истории заключаются в предоставлении новых возможностей для пассажиров по сокращению времени поездки с одновременным повышением уровня комфорта и предоставляемых услуг. Конструкции пассажирских вагонов и его системы подвергаются значительным изменениям.

Совершенствованию конструкций установок кондиционирования воздуха современных пассажирских вагонов посвящены публикации специалистов предприятия на Украине по проектированию и производству пассажирских вагонов - ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» [1].

Современные пассажирские вагоны, как правило, оборудованы моноблочными кондиционерами и имеют минимальное количество открывающихся оконных створок (фрамуг). Вагоны, предназначенные для эксплуатации на скоростных линиях, изготавливаются только с глухими окнами в пассажирских купе. Установка таких окон и окон с углом открытия не более 20...25 градусов вызвана следующими причинами:

- для снижения поступления пыли в помещения вагона с наружным воздухом через открытые фрамуги (содержание пыли в воздухе не должно превышать санитарных норм) [2];
- для сокращения тепловых потерь при работе кондиционера в режимах охлаждения и нагрева (уровень тепловых потерь кузова вагона характеризуется коэффициентом теплопере-

дачи, его значение не должно превышать  $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [3] при всех закрытых дверях и окнах);

- для снижения себестоимости (стоимость глухих окон значительно ниже);

- для упрощения технологических процессов сборки (подвижные элементы окон предъявляют повышенные требования к точности изготовления металлоконструкции вагона и качеству монтажу окна);

- для уменьшения уровня звуковой волны от проходящего встречного поезда и при проезде по туннелю;

- для расширения возможности по дизайну конструкции вагона (подвижные элементы фрамуг труднее поддаются дизайнерской проработке).

Таким образом, в ближайшей перспективе можно предположить полное исключение открывающихся фрамуг в помещениях вагона. В этих условиях возрастает роль климатической установки (далее - КУ) как системы жизнеобеспечения. Разработка системы управления КУ вагона должна быть направлена не только на обеспечение нормативов по микроклимату, но и предусматривать оперативную диагностику функционирования основных узлов. Сочетание функциональной диагностики и выполнения на основе ее профилактических (ремонтных) работ позволят повысить качество работы КУ и продлить ресурс работы дорогостоящего оборудования в условиях реальной эксплуатации.

Предлагается при построении системы

управления вентиляцией использовать принцип авторегулирования. Он заключается в создании обратной связи между требуемым параметром (в данном случае – избыточное давление воздуха) и входными управляющими сигналами. Система авторегулирования предполагает установку в воздухопроводах специальных датчиков - дифференциальных микроманометров с аналоговым или цифровым выходом.

Не вызывает сомнений обоснованность применения датчиков в электрических цепях вагона. Электрооборудование включает следующие элементы: датчики тока; напряжения; давления; термопреобразователи сопротивления; датчики дыма; датчики перемещения; дифференциальные токовые реле; датчики уровня; токовые реле замыкания на корпус; концевые выключатели и т. п. Датчики не только позволяют осуществлять оперативную диагностику работоспособности электрооборудования, но и работают в схемах автоматики, защиты от предельных режимов работы электрооборудования, цепях блокировки.

Применение системы авторегулирования обеспечит:

- поддержание продуктивности вентиляции на необходимом заданном уровне при изменении в процессе эксплуатации сопротивления воздушному потоку (накопление пыли в воздушном фильтре);

- поддержание подачи необходимого количества наружного воздуха, как следствие, содержание  $CO_2$  в пассажирских помещениях не должно превышать предельных норм;

- содержание пыли в обработанном воздухе не достигнет предельных значений (блокировка при установлении фильтра с поврежденным фильтрующим элементом, либо не соответствующего типа);

- выработку информационных сигналов уровня реальной производительности системы вентиляции (например, уровня продуктивности по отношению к норме);

- выработку сигналов на блокировку при некорректной эксплуатации (отсутствие фильтра, полное загрязнение фильтра, резкая потеря герметичности воздухопровода, механические дефекты рабочего колеса вентилятора и т. п.);

- выработку сигнала на аварийное отключение электрокалорифера при отсутствии, либо при недопустимо-низком воздушном напоре;

- при необходимости, выработку сигнала для счетчика по учету ресурса работы нового фильтрующего элемента, ресурса работы фильтрующего элемента после его регенерации.

Наибольшую эффективность предлагаемого принципа управления можно ожидать при современной схеме с частотным регулированием оборотов двигателя привода вентилятора, имеющего необходимый запас по производительности. Для схем без частотного регулирования оборотов двигателя привода вентилятора можно использовать сигналы датчиков как информационные: текущий уровень производительности системы вентиляции и уровни загрязненности фильтров; индикация аварийного отключения; блокировка работы при некорректной эксплуатации и т.д. В этом случае увеличение производительности вентиляции можно производить доступным для данной конструкции способом (двухскоростные асинхронные двигатели, специальные механические заслонки).

Схема размещения приемников давления дифференциальных микроманометров и схема соединений для участка воздухопровода с установленным фильтром показаны на рис. 1.

Направление воздушного потока

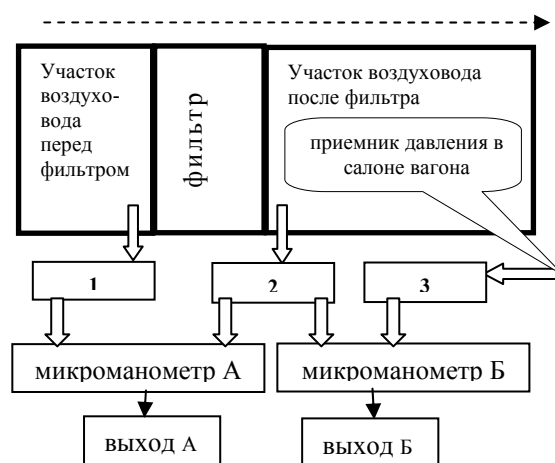


Рис. 1. Схема размещения приемников давления дифференциальных микроманометров: стрелками обозначено движение воздуха в измерительных трубках; 1,2,3 – ресиверы, предназначенные для стабилизации воздушного давления на входах микроманометров; выход А, Б – выходные сигналы, пропорциональные дифференциальному давлению

В условиях реальной эксплуатации у воздушного фильтра по мере запыленности будет расти его динамическое сопротивление. Микроманометр А, приемники давления которого установлены до и после фильтра будет регистрировать увеличение перепада давления. Начальное сопротивление нового фильтра и конечная потеря давления для полностью засоренного фильтра определяются типовыми методиками испытаний [4]. Полученные значения необходимы для тарировки выхода А по степе-

ни загрязненности фильтра. Тарировка выхода Б осуществляется в период приемо-сдаточных испытаний с соответствующей записью в технический паспорт вагона.

Например, электрокалорифер воздушного отопления является источником пожарной опасности. Контроль за уровнем воздушного потока, проходящего через калорифер (выход микроманометра Б) позволит вырабатывать сигналы на блокировку его работы при некорректной эксплуатации еще до подачи напряжения питания на электронагревательные элементы и вырабатывать сигналы на его отключение при сбое в системе вентиляции

Характер процесса и зоны для проведения анализа для выходного сигнала А показаны на рис. 2.



Рис. 2. Изменение выходного сигнала микроманометра А в процессе эксплуатации: ЗОНА 1 – установлен фильтр с поврежденным фильтрующим элементом, либо отсутствует (сигнал «Блокировка – авария фильтра»); ЗОНА 2 – штатная работа фильтра (сигнал – «Норма»); ЗОНА 3 – фильтрующий элемент подлежит замене (сигнал «Блокировка – заменить фильтр»)

В условиях реальной эксплуатации будет меняться динамическое сопротивление системы каналов прохождения воздушных потоков. Причинами могут служить пыле-грязевые отложения на теплообменных элементах, увеличение щелевых потерь во фланцевых соединениях, отклонение от нормального положения пожарной заслонки, разрегулировка системы мультивентов, разрывы эластичных (как правило, брезентовых) вставок воздухопроводов, грубые нарушения правил эксплуатации и т. д.

Характер процесса и зоны для проведения анализа для выходного сигнала Б показаны на рис. 3.

В воздухопроводах для контроля работы вентиляции применяются механические датчики. Принцип их действия основан на отклонении пластинки (типа флюгер) под воздействием напора потока воздуха. Контроль осуществляется визуально по углу отклонения пластинки и по срабатыванию концевых выключателей

(например, магнитоуправляемых контактов герконовых реле).

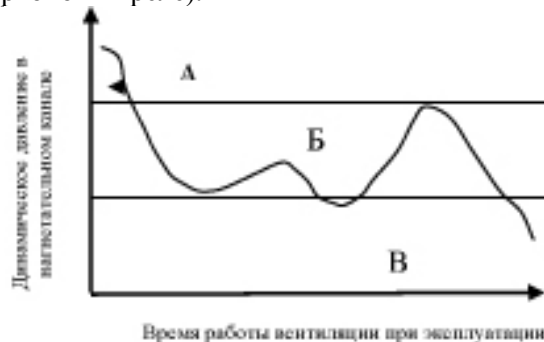


Рис. 3. Изменение выходного сигнала микроманометра Б в процессе эксплуатации: участок А – некорректная работа вентиляционной системы (например, пожарная заслонка не заняла нормальную позицию; мультивенты салона закрыты); участок Б – производительность соответствует заданному режиму; участок В – производительность вентиляционной системы ниже заданного уровня

Применение этого типа датчиков для систем авторегулирования процессов ограничено. Основные недостатки этого типа датчиков следующие: отсутствие электрического сигнала, пропорционального величине напора (реальной производительности вентиляционной установки); точечный контроль (контролируется поток воздуха только в месте установки датчика); требуют механической наладки и обслуживания в процессе эксплуатации; узкий диапазон контролируемых уровней; чувствительность к механическим вибрациям.

Для осуществления режима авторегулирования предлагается использовать следующие устройства, свободные от указанных недостатков:

- преобразователи давления типа ДМ 3583-М с линейной зависимостью выходного сигнала от разности давлений, диапазон давлений 0...1600 Па, диапазон рабочих температур от - 30 до + 50 °С;

- дифференциальные датчики давления типа МРХ- 2010 DP фирмы CONRAD с линейностью преобразования  $\pm 0,15 \%$ , с аналоговым потенциальным выходом и чувствительностью не хуже 2,5 мВ/кПа, диапазон давлений 0...10000 Па, рабочая температура от - 40 до + 125 °С, напряжение питания 10...16 В; лазерная калибровка;

- дифференциальные датчики давления типа STX 2100 фирмы DRUCK с линейностью преобразования  $\pm 0,1 \%$ , двухпроводный выход по току 4...20 мА с цифровым сигналом по HART протоколу, типовой диапазон давлений 0..20 бар, время демпфирования давления регу-

лируется в диапазоне от 0...38,4 с, рабочая температура от - 40 до + 85 °С, напряжение питания 12...45 В, долговременная стабильность в течение 0,5 года при стандартных внешних условиях эксплуатации не более 0,1 % верхнего предела измерений.

Для обработки сигналов, поступающих от датчиков давления и сигналов управления от шкафа управления климатической установкой можно использовать микроконтроллеры.

Как правило, эти устройства имеют встроенные АЦП (2, 4, 8 и более каналов), широкие функциональные возможности по программированию порогов срабатывания компараторов и выработки сигналов управления для исполнительных устройств, выработки информативных сигналов результатов диагностики. Например, микроконтроллеры нового поколения, выполненные по новой технологии Enhanced Flash фирмы Microchip, обеспечивают количество гарантированных циклов перезаписи памяти программ – более 100000. Длительность хранения данных превышает 40 лет. Предусмотрена возможность осуществлять программирование и отладку этих устройств непосредственно с работающим оборудованием. В производственных условиях это означает выпуск широкой номенклатуры выпускаемых моделей вагонов с различными требованиями к системам вентиляции без особых затрат на переоснащение.

В перспективе практически все системы пассажирских вагонов будут иметь в своем составе разнообразные датчики, обработка информации которых будет осуществляться на основе микроконтроллеров (управление отдельными системами) и промышленных компьютеров (управление всеми системами, сбор, запись и передача информации).

Применение принципов авторегулирования в системах управления вентиляцией в пассажирских помещениях позволит решить следующие вопросы:

- вопросы безопасности: снизить накопление пыли проточной части вентиляционного оборудования при эксплуатации (пыль может привести к самовозгоранию или взрыву) [5];

- вопросы обеспечения санитарных норм по содержанию углекислого газа в пассажирских помещениях: осуществлять подачу наружного воздуха в необходимых объемах в пассажирские помещения вагона при реальном загрязнении воздушных фильтров в процессе эксплуатации (содержание углекислого газа в воздухе должно быть не более 0,1 %)[2];

- оперативная диагностика позволит своевременно выявлять отклонения в работе системы и планировать ремонтно-профилактические работы для исключения преждевременного выхода из строя вентиляционного оборудования, теплообменных и воздухораспределительных устройств.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приходько В. И. Особенности развития конструкций установок кондиционирования воздуха пассажирских вагонов / В. И. Приходько, О. А. Шкабров, В. И. Коляденко, Г. И. Игнатов, В. А. Солдатов // ДНУЗТ, Вісник № 7, 2005. - С. 61-66.
2. Санитарные правила устройства, оборудования и эксплуатации пассажирских вагонов дальнего следования: ЦУВС-19. – М., 1984. Введені в дію Постановою Міністерства охорони здоров'я України № 7 від 10.12.97.
3. ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки.
4. ДСТУ 3186-95. Системи вентиляційні. Методи випробування повітряних фільтрів.
5. ДСТУ 3191-95. Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

Поступила в редакцию 15.11.2007.