

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ

С. В. КУЗНЕЦОВ

Уральский государственный университет путей сообщения

Предложено для обеспечения безопасности и экономичной эксплуатации тоннелей использовать мехатронные системы вентиляции. Системы, основанные на нечеткой логике, позволяют изменять производительность тоннельного вентилятора путем поворота лопаток рабочего колеса или изменения частоты его вращения.

Ключевые слова: вентиляция, мехатронные системы, производительность, поворот лопаток, частота вращения.

For ensuring the safety and economical operation of tunnels it is suggested to use mechatronic systems of ventilation. Systems based on fuzzy logic, can change the performance of the tunnel by turning the fan blades of the impeller, or change the frequency of its rotation.

Key words: ventilation, mechatronic systems, performance, turning of vanes, speed of rotations.

Каждый крупный и активно эксплуатируемый тоннель обслуживается системами вентиляции, безопасности, телеметрии. На протяжении особо длинных железнодорожных тоннелей устраиваются аварийные станции, которые в случае необходимости позволяют эвакуировать пассажиров [1].

Значение вентиляционной системы для предотвращения чрезвычайных ситуаций трудно переоценить. Потоки воздуха в тоннеле могут, с одной стороны, усилить испарение разлившейся воспламеняющейся жидкости и оказать влияние на направление распространения токсичных или горючих газов, а с другой – способствовать уменьшению концентрации загрязняющих веществ [2]. Поэтому особое внимание уделяется вопросам вентиляции железнодорожных и автодорожных тоннелей.

Вентиляционные системы потребляют большую долю электроэнергии, приходящейся на обслуживание тоннеля. Снижения затрат на электроэнергию можно добиться повышением эффективности проветривания за счет использования мехатронной системы вентиляции.

Процесс проектирования указанной системы можно разделить на несколько этапов.

На первый этап выходит развитие и совершенствование технологии управления системой вентиляции автодорожных и железнодорожных тоннелей.

Наибольший интерес представляют собой системы, основанные на нечеткой логике (*Fuzzy Logic*) [3]. В отличие от традиционной математики, которая требует на каждом этапе моделирования точных и однозначных формулировок закономерностей, нечеткая логика предлагает другой подход, при котором применяется лишь минимальный набор закономерностей.

Чем сложнее объект, тем более востребованным является его управление с использованием принципов нечеткой логики. В полной мере это относится к тоннельной вентиляции, фактически не поддающейся строгому математическому описанию по причине многочисленности и динамичности внешних обстоятельств.

Нечеткая логика оперирует не числовыми переменными, а лингвистическими. Значениями лингвистической переменной (лингвистических аргументов) служат не числа, а слова естественного языка, называемые термами. Количество термов лингвистической переменной должно быть минимально необходимым для представления физической величины с достаточной степенью точности.

В системе (рис. 1) корректирующее воздействие выдает нечеткий контроллер (*Fuzzy Logic Controller*). С помощью блока (*MUX*), который объединяет несколько входов, на нечеткий контроллер подаются сигналы с различных датчиков давления 1, загазованности 2, скорости потока воздуха в тоннеле 3. Количество датчи-

ков зависит от длины тоннеля. В качестве системы (*System*) может использоваться один вентилятор, тогда управление будет производиться с помощью изменения скорости вращения колеса или поворота лопаток рабочего колеса. Если же в системе вентиляции используется несколько вентиляторов, то управление может заключаться в отключении одного или нескольких вентиляторов при низком уровне загазованности или включении дополнительных вентиляторов при повышении загазованности.

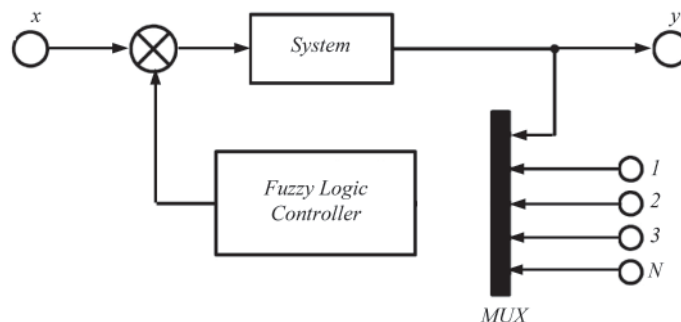


Рис. 1. Система с нечетким контроллером

Вторым этапом является способ обеспечения проветривания.

В автодорожных тоннелях получила большое распространение продольная распределенная схема вентиляции (рис. 2), при которой вентиляторы монтируются под сводом тоннеля [4]. Применяются осевые вентиляторы с диаметром рабочего колеса 0,6–0,7 м. Количество вентиляторов зависит от длины тоннеля и от производительности самих вентиляторов.

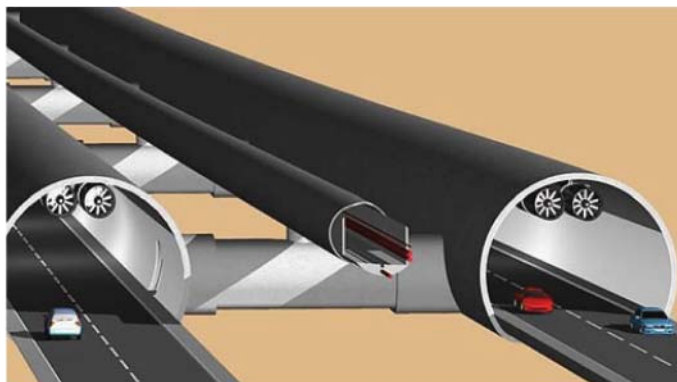


Рис. 2. Автодорожный тоннель с продольной распределенной системой вентиляции

В железнодорожных тоннелях может быть естественное проветривание и искусственная вентиляция. Область применения естественного проветривания ограничивается тоннелями длиной до 300 м при тепловозной тяге и до 1000 м при электрической тяге.

Для вентиляции тоннелей могут быть использованы вентиляторы двух типов: центробежные, в которых воздух поступает перпендикулярно оси вращения, и осевые, в которых подача происходит вдоль оси вращения.

Осевые вентиляторы при равной производительности имеют меньшие размеры, что важно для размещения их в подземных камерах, и более широкую зону использования (так называемую рабочую зону). Кроме того, конструкция осевого вентилятора позволяет реализовать такой способ оперативного регулирования, как поворот лопаток колеса. Все это делает осевые вентиляторы более подходящими для систем тоннельного проветривания.

Кроме распределенной, широко используется схема вентиляции, в которой воздушный поток создается одним или двумя вентиляторами с диаметром колеса 2,0–2,4 м. Такая схема условно названа авторами концевой.

В каждой из схем могут быть реализованы соответствующие способы оперативного изменения расхода воздуха. Применительно к концевой схеме таких способов два: поворот лопаток колес вентиляторов на ходу и изменение частоты вращения колеса инверторным регулятором скорости вращения. Можно представить себе также комбинированное регулирование, но необходимость в нем вряд ли возникнет. На сегодняшний день в распределенной схеме практически возможен только один способ – изменение частоты вращения колес всех вентиляторов одновременно. Такие варианты, как выключение определенного количества вентиляторов или перевод на другую частоту вращения двигателей с фазным ротором, признаны авторами неприемлемыми из-за снижения надежности системы в целом.

Следует учитывать также и то обстоятельство, что аэродинамический расчет концевой схемы более достоверен. Кроме того, накоплен богатый фактический материал как результат исследований аналога тоннельной вентиляции – системы проветривания метрополитенов, в которой как известно, реализована именно концевая схема.

Следовательно, наиболее универсальной и управляемой является система, построенная на основе тоннельного вентилятора большого диаметра. Вопрос о том, какой именно способ регулирования его производительности предпочесть, должен решаться уже с учетом конкретных требований к системе. Если целесообразным окажется поворот лопаток колеса, кафедрой «Мехатроника» УрГУПС разрабатывается специальный модуль вращательного движения [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железнодорожный тоннель // Академик: электрон. энциклопедия. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/269983> (дата обращения 13.09.2011).
2. Система вентиляции тоннелей. Выбор схемы вентиляции // Мир климата. 2010. № 59. URL: <http://www.mir-klimata.com/archive/number59/article/number17/> (дата обращения 15.09.2011).
3. Вишневский Е. П. Управление системами продольной вентиляции тоннелей // С.О.К. 2011. № 1. URL: <http://www.c-o-k.ru/showtext/?id=2753&from=online¶ms=num%3d1> (дата обращения 17.09.2011).
4. Вишневский Е. П., Чепурин Г. В. Продольная схема вентиляции автодорожных тоннелей // С.О.К. 2010. № 11. URL: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/2647/> (дата обращения 14.09.2011).
5. Пат. 2424445 Российская Федерация, МПК⁷ F 03 C 1/04. Роторно-поршневой гидродвигатель /Таугер В. М., Кузнецов А. В., Кузнецов С. В.; заявитель и патентообладатель УрГУПС. № 2010101778; заявл. 20.01.10; опубл. 20.07.11, Бюл. № 20. 23 с.

Поступила в редакцию 28 декабря 2011 г.