

Д. В. Зедгенизов^{1}*

Алгоритм автоматического управления воздухораспределением порталной станции метрополитена

¹ Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: dimzed2001@mail.ru

Аннотация. Представлен алгоритм автоматического управления воздухораспределением порталной станции метрополитена мелкого заложения за счет поршневого действия поездов, позволяющий обеспечивать в часы пик требуемое воздухораспределение на станции за счет включения тоннельного вентилятора на минимально необходимую производительность. В остальное время суток требуемый расход воздуха на платформе достигается перераспределением воздуха с помощью створчатых регуляторов, которые установлены в вентиляционных сбоях возле станции.

Ключевые слова: Тоннельный вентилятор, регулятор, производительность

D. V. Zedgenizov^{1}*

Algorithm for automatic air distribution control of a portal metro station

¹ Chinakal Institute of Mining SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: dimzed2001@mail.ru

Abstract. The paper presents an algorithm for automatic control of air distribution of a portal station of a shallow subway due to the piston action of trains, which makes it possible to provide the required air distribution at the station during peak hours by turning on the tunnel fan at the minimum required capacity. During the rest of day, the required air flow on the platform is achieved by air redistribution with the help of flap regulators, which are installed in the ventilation failures near the station.

Keywords: Tunnel fan, regulator, performance

Проветривание порталных станций метрополитенов при поршневом действии поездов имеет ряд особенностей, связанных в основном с топологией вентсети в конце выработки (см. рис. 1). Поэтому режимы работы регуляторов вентиляционного режима для тупиковых станций должны рассчитываться отдельно, с учетом особенностей их местоположения [1, 2].

Исследования процессов воздухораспределения проводились на верифицированной обобщенной математической модели вентиляционной сети, составленной для Новосибирского метрополитена. В качестве примера в расчетах был выбран промежуток времени с 10 часов утра до 21 часа вечера, при котором интенсивность движения поездов составляет 10 – 12 пар в час. Расчеты проводились для трёх режимов проветривания: зимнего, осенне-весеннего и летнего. В зимний период года тоннельные вентиляторы выключены, их шиберующие аппараты закрыты, затворы гражданской обороны закрыты и в пассажирских вести-

бюляхстанций стоят двойные двери. В осенне-весенний период проветривания затвора открыты, вентиляторы находятся в режиме готовности, а в вестибюлях стоят одинарные двери. Летний режим в отличие от осенне-весеннего предусматривает периодическое включение тоннельных вентиляторов[3-10].

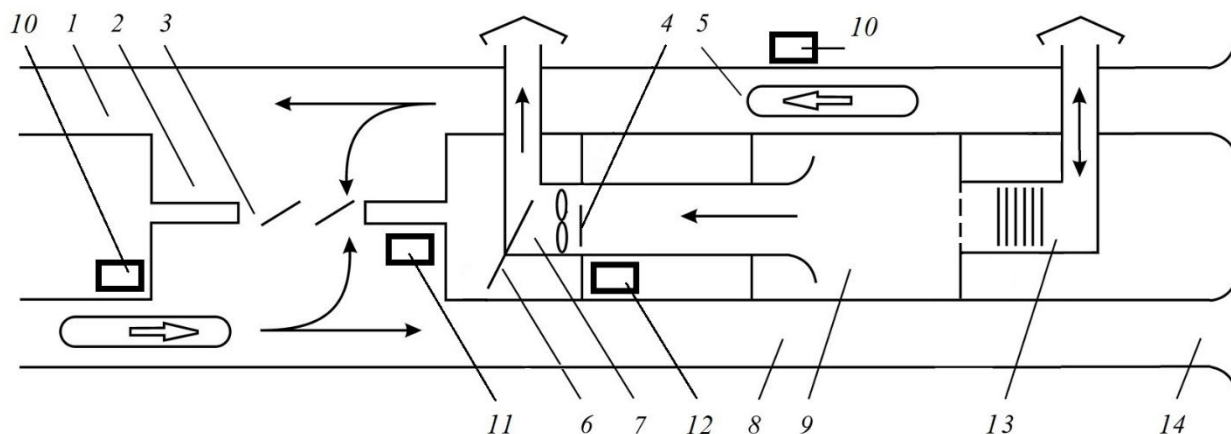


Рис. 1. Схема типичного участка вентиляционной сети метрополитена вблизи портала: 1 – путевой тоннель (путь) №2, 2 – вентиляционная сбойка, 3 – створчатый регулятор воздухораспределения, 4 – шиберующий аппарат вентилятора, 5 – поезда метро, 6 – затвор гражданской обороны, 7 – тоннельный вентилятор, 8 – путевой тоннель №1, 9 – пассажирская платформа станции, 10 – система контроля положения поездов; 11 – система автоматического управления створчатым регулятором; 12 – система автоматического управления производительностью тоннельного вентилятора, 13 – пассажирские выходы, 14 – порталый выход

Анализ возможных вариантов расположения поездов в окрестностях порталой станции показал, что для исследований можно выбрать только два существенно разных варианта:

1. На перегоне между тупиковой и соседней станцией находится два поезда.
2. На перегоне между тупиковой и соседней станцией поездов нет.

Для каждого варианта расположения поездов были рассчитаны осредненные за час расходы воздуха на станции, вызванные движением поездов при выключенном станционном вентиляторе. Угол установки створок регулятора изменялся в диапазоне от 0 до 48 градусов. Отдельно проверялась возможность обеспечить требуемый расход на платформе станции без включения вентилятора, а если это невозможно, то ставилась задача определения минимально возможной требуемой производительности вентилятора в часы пик. Результаты расчетов, например, для зимнего режима представлены в виде рис. 2.

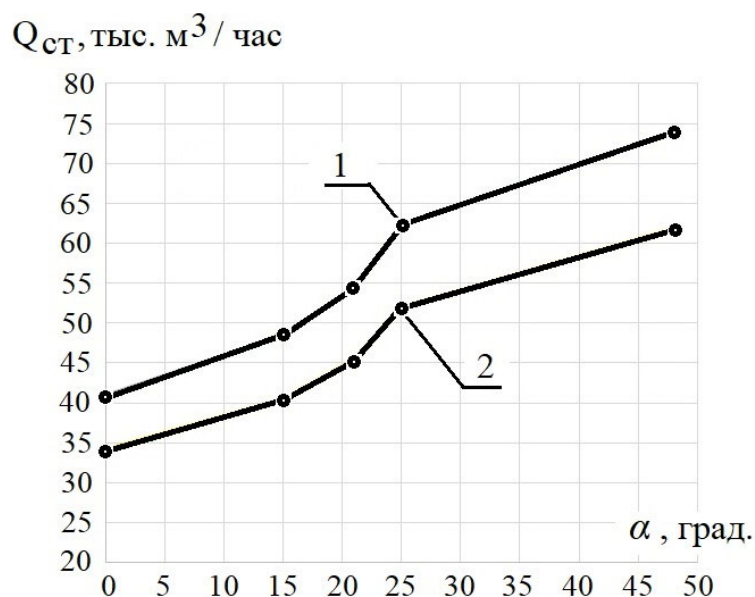


Рис. 2. Расход воздуха $Q_{СТ}$ на платформе портальной станции за час в зависимости от угла поворота α створок регулятора в зимнем режиме проветривания: 1 – при интенсивности движения 10 пар поездов в час, 2 – при интенсивности 12 пар в час

Зависимость изменения расхода воздуха для портальной станции от угла установки створок регулятора имеет вид (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9823$):

$$Q_{СТ} = -23,113 \cdot \alpha^2 + 2252,6 \cdot \alpha + 18992.$$

В ряде случаев поршневое действие поездов на портальной станции не может обеспечить требуемый нормирующими документами [11] воздухообмен, например, в некоторые летние дни. В таких случаях важно определить минимальное давление тоннельного вентилятора, позволяющее при максимальном использовании поршневого действия поездов (закрытые створки регулятора воздухораспределения) дать на станцию нужное количество воздуха. Расчетные данные для определения минимального требуемого давления вентилятора представлены на рис. 3.

Зависимость изменения расхода воздуха для портальной станции от давления вентилятора имеет вид (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9956$):

$$Q_{СТ} = -3,7669 \cdot P_{ТВ}^2 + 844,05 \cdot P_{ТВ} + 74455.$$

Исследования показали, что перераспределение потоков воздуха от поршневого действия поездов с помощью створчатого регулятора способно обеспе-

читать требуемый расход воздуха в пассажирских помещениях тупиковой станции во все время, кроме часа пик. Численным моделированием определена величина давления вентилятора (58 Па), необходимая для обеспечения требуемого воздухораспределения на станции в час пик в летнем периоде. Однако зимой нет возможности включать тоннельную вентиляцию, поэтому в этот период года в час пик будет накапливаться необеспеченность тупиковой станции воздухом в размере 120 часов за сезон. В актуальной редакции СП «Метрополитены» допускается необеспеченность воздухом не более 700 часов в год.

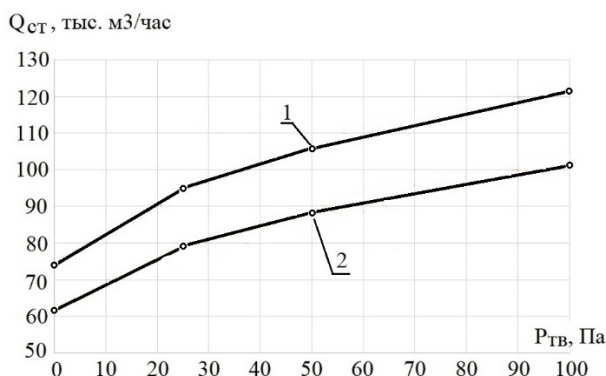


Рис. 3. Расход воздуха $Q_{ст}$ на платформе портальной станции за час в зависимости давления вентилятора в летнем режиме проветривания: 1 – при интенсивности движения 10 пар поездов в час, 2 – при интенсивности 12 пар в час

Проведённые исследования позволили разработать алгоритм автоматического управления регуляторами воздухораспределения портальной станции метрополитена, который графически может быть представлен в виде рис. 4.

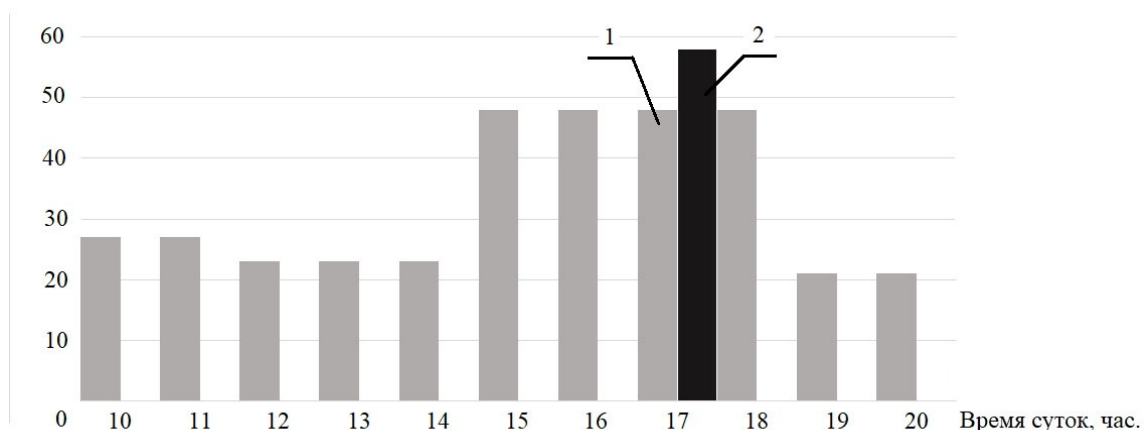


Рис. 4. Алгоритм почасового управления воздухораспределением портальной станции метрополитена в летнем режиме проветривания: 1 – угол поворота створок регулятора воздухораспределения, град., 2 – давление стационарного вентилятора, Па

Выводы

1. Определены зависимости изменения расхода воздуха, инициированного поршневым действием поездов, на порталной станции от угла установки створчатого регулятора и от давления вентилятора на основе которых разработан алгоритм управления воздухораспределением порталной станции метрополитена мелкого заложения за счет поршневого действия поездов, позволяющий обеспечивать в часы пик требуемое воздухораспределение на станции за счет включения тоннельного вентилятора на минимально необходимую производительность.

2. Экспериментально установлено, что для порталной станции метрополитена мелкого заложения требуемое по пассажиропотоку воздухораспределение может быть обеспечено регулированием расхода воздуха в пристанционных вентсбойках с включением тоннельных вентиляторов на минимальную производительность в часы пик в летний период.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ номер гос. регистрации № 121052500147-6

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красюк А.М. Вентиляция метрополитенов /А.М.Красюк, И.В. Лугин. – Новосибирск: СО РАН: Наука, 2019. – 316 с.
2. Красюк А.М. Тоннельная вентиляция метрополитенов – Новосибирск: Наука, 2006. – 164с.
3. Зедгенизов Д.В. Результаты экспериментального исследования процесса регулирования частоты вращения ротора тоннельного вентилятора метрополитена // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. –2017, –№ 1, Т.4. –С. 11-14.
4. Красюк А.М., Лугин И.В. Исследование динамики воздушных потоков от возмущающего действия поездов в метрополитене // ФТПРПИ. – 2007. – № 6. – С. 101-108.
5. Красюк А.М., Лугин И.В., Павлов С.А. Об эффекте возникновения циркуляционных колец и их влиянии на воздухораспределение в метрополитене мелкого заложения // ФТПРПИ. – 2010. – № 4. – С. 75-82.
6. Красюк А.М., Косых П.В., Русский Е.Ю. Влияние возмущений воздушного потока от поршневого действия поездов на тоннельные вентиляторы метрополитенов // ФТПРПИ. – 2014. – № 2. – С. 144-153.
7. Зедгенизов Д.В., Попов Н.А. О повышении эффективности управления тоннельными вентиляторами метрополитена мелкого заложения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Изд. ИГД СО РАН. - Новосибирск. – 2018. - №4. – С. 123 – 133.
8. Ma, J.; Zhang, X.; Li, A.; Deng, B.; Lv, W.; Guo, Y.; Zhang, W.; Huang, L. Analyses of the improvement of subway station thermal environment in northern severe cold regions. Build. Environ. 2018, 143, 579–590.
9. Khaleghi, M.; Talaee, M.R. Analysis of unsteady air flow in the subway station influenced by train movement. Sci. Technol. Built Environ. 2019, 1–10.
10. Pan, S.; Fan, L.; Liu, J.; Xie, J.; Sun, Y.; Cui, N.; Zhang, L.; Zheng, B. A Review of the Piston Effect in Subway Stations. Adv. Mech. Eng. 2013, 5, 950205.
11. СП 120.13330.2012. Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003: утв. Приказом Минрегион РФ 30.06.2012: дата введ. 01.01.2013. – М., 2013. – 260 с.

© Д. В. Зедгенизов, 2023