

УДК 533.6.013.11

С.А. Грязнова

Харьковский национальный университет городского хозяйства, Харьков

## ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТРОПОЛИТЕНА

Рассматривается влияние возмущений воздушной среды на технико-эксплуатационные характеристики подвижного состава метрополитена. Возмущения воздушной среды оказывают влияние на обеспечение санитарно-гигиенических условий, проведение противопожарных мероприятий, кинематические и геометрические характеристики подвижного состава метрополитена, а также существенно влияют на тяговые и энергетические характеристики.

**Ключевые слова:** возмущения воздушной среды, основное сопротивление движению, технико-эксплуатационные характеристики.

### Введение

Одним из важных направлений развития транспортной инфраструктуры современных стран является создание технологий и разработка мероприятий, направленных на экономичность, комфортабельность и безопасность транспортных средств.

**Целью данной статьи** является анализ влияния возмущений воздушной среды на технико-эксплуатационные характеристики подвижного состава метрополитена и изложены возможные пути решения некоторых прикладных задач по улучшению качественных показателей работы метрополитенов.

### Изложение основного материала

Качество эксплуатационных работ сети метрополитенов определяется выполнением плана перевозок, а также показателями использования подвижного состава, себестоимости перевозок и производительности труда, к числу которых относятся: скорости движения поездов; уровень выполнения графика движения и планов формирования поездов; время нахождения на станции; использование грузоподъемности вагонов; оборот и среднесуточный пробег вагонов; среднесу-

точный пробег поездов; выполнение установленных весовых норм поездов. К основным показателям работы транспортных средств относятся: пассажирооборот, пассажиро- и грузонапряженность линий, показатели перевозок (отправление, посадка, высадка, густота перевозок, средняя дальность поездки и др.) и работы подвижного состава. Кроме того, существуют качественные показатели, оценивающие качество выполненной работы и удобства пассажиров.

Возможности повышения энергоэффективности метрополитенов далеко не исчерпаны, и в настоящее время основным направлением мероприятий по снижению потребления энергетических ресурсов является совершенствование конструкций инфраструктуры и подвижного состава, а также методов управления движением. На величину расхода энергии прямо влияют параметры подвижного состава, особенно его аэродинамические характеристики, эффективность тягового привода и т.д. (рис. 1). Системы связи и такие устройства, как экспертные системы, выдающие машинисту рекомендации по режимам движения, или эффективные системы автоведения, могут улучшить управление поездом в реальном времени.

### Механизм влияния воздушного сопротивления на энергетические характеристики

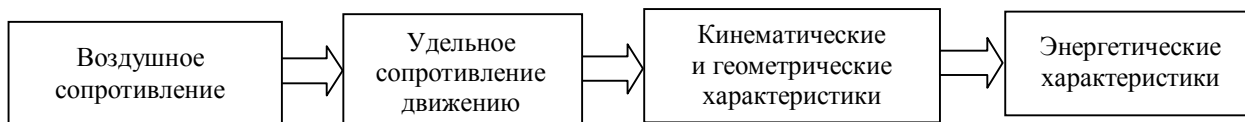


Рис. 1. Влияние воздушного сопротивления на энергетические характеристики подвижного состава метрополитена

На технико-эксплуатационные характеристики подвижного состава основное влияние оказывают: режимы движения поездов; скорость движущихся поездов; «поршневое» действие поездов; режимы работы вентиляторов; план и профиль пути; геометрическое совершенство тоннелей. Возмущения воз-

душной среды оказывают влияние на обеспечение санитарно-гигиенических условий, проведение противопожарных мероприятий, кинематические и геометрические характеристики подвижного состава метрополитена, а также существенно влияют на тяговые и энергетические характеристики (рис. 2).

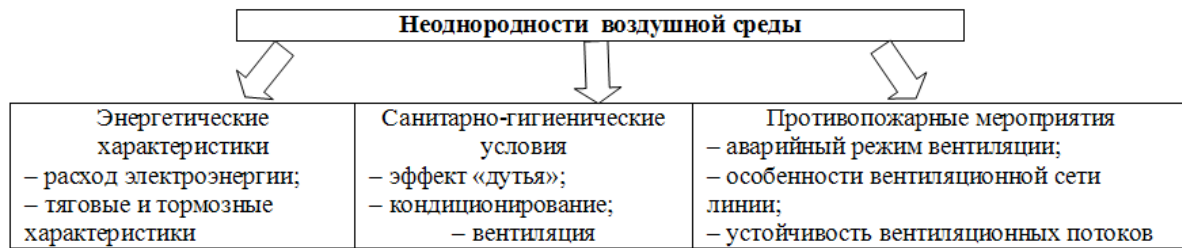


Рис. 2. Сфера влияния неоднородностей воздушной среды на качество работы метрополитена

Снижение сил сопротивления движению является основной целью при выборе формы и конструкции высокоскоростного подвижного состава. Сопротивление движению обусловлено силами трения в узлах подвижного состава и колес о рельсы, деформацией рельсов и неровностями рельсовой колеи, составляющими силы тяжести на негоризонтальных участках пути, сопротивлением от уклонов пути, сопротивлением воздушной среды. Все составляющие силы сопротивления движению, за исключением сопротивления от уклонов пути, всегда направлены встречно движению. Сопротивление движению от уклонов пути на подъемах направлено встречно движению, а на спусках согласно движению. Движение воздушной массы внутри тоннеля условно можно разделить на две составляющие: циркуляционные потоки, возникающие вследствие выталкивающего (поршневого) воздействия движущегося состава и вентиляционные потоки, возникающие вследствие работы системы вентиляции. Поршневой эффект в тоннелях возникает при движении с высокой скоростью и частотой пассажирских поездов, изменяющих „живое” сечение и создающих перед собой зону повышенного, а позади – пониженного давления, что приводит к интенсивному движению воздуха, находящегося в тоннелях. Установлено, что поршневой эффект сказывается на работе всех вентиляторных установок станционных и перегонных шахт тоннеля [1]. Вентиляционные потоки возникают в результате работы принудительной системы тоннельной вентиляции. В настоящее время на метрополитенах используются две ее схемы: реверсивная и однонаправленная. Первая применяется при средней температуре наружного воздуха самого холодного месяца ниже 0°C, вторая – выше 0°C. Вентиляционные потоки оказывают существенное влияние на суммарное течение воздушных масс в тоннеле метрополитена и они должны быть учтены при анализе сопротивления подземного транспорта.

Под неоднородностями воздушной среды внутри тоннеля подразумевается неоднородности в воздушном потоке, характеризующиеся отклонениями параметров потока от плоско-параллельного течения и завихрениями. Неоднородности воздушной среды внутри тоннеля возникают вследствие: турбулентного характера движения воздушных масс; срыва

потока с поверхности подвижного состава; возмущений, вносимых работой, завихрений потока, возникающих в местах изменения геометрии поперечного сечения тоннеля и имеющих одинаковую с местными гидравлическими сопротивлениями природу возникновения; взаимодействия циркуляционных потоков от встречного движения поездов (для двухпутных тоннелей – в зоне встречи поездов, а для однопутных тоннелей – вблизи горизонтальных перемычек).

Рассмотрим влияние возмущений воздушной среды на санитарно-гигиенические условия тоннелей.

Под термином «вентиляция» следует понимать смену воздуха в каком-либо помещении с целью обеспечения в нем условий, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям. Как известно, теплоощущение человека зависит от совокупного действия температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а потому при вентиляции тоннелей следует учитывать и третий фактор – скорость движения воздуха. Движение поездов по тоннелях, связанное с преодолением сопротивления воздушной среды, вызывает значительные воздухообмены (называемые «дутьем»), сопровождающиеся периодическим нарастанием и снижением скоростей циркуляционных потоков воздуха и колебаниями его давлений. Колебания давления воздуха внутри тоннеля приводит к преждевременному разрушению облицовки стен вестибюлей станций и к другим неблагоприятным последствиям. Следствием «дутья» является заметный тепло – и массообмен воздуха между станцией и атмосферой. Последнее обстоятельство приводит к росту простудных заболеваний персонала метрополитена, к увеличению энергетических затрат на поддержание нормального температурного режима станций. Тоннели метрополитена можно рассматривать как производственные помещения, и для решения вопроса об их вентиляции следует анализировать происходящие в них производственные процессы, выявлять наличие вредностей и определять необходимое количество воздуха. Допустимое содержание вредностей в воздухе метрополитенов регулируется органами охраны труда и санитарии.

Существуют три основных способа вентиляции тоннелей: продольный, поперечный и полупоперечный. В тоннелях метрополитена применяется про-

дольный способ вентиляции, который характеризуется отсутствием разводящих воздухопроводов в тоннеле. В этом случае сам тоннель служит воздухопроводом, по которому проходит воздух, необходимый для его проветривания. При электрической тяге поездов вполне эффективным является продольный способ вентиляции тоннелей. К тому же этот способ наиболее дешевый с точки зрения капитальных затрат, так и по расходу электроэнергии при эксплуатации вентиляторных установок.

Направление воздуха по тоннелю зависит от расположения приточных и вытяжных вентиляционных шахт по их длине. При сооружении линий тоннелей предусматривают приточно-вытяжную систему тоннельной вентиляции, приточные и вытяжные системы местной вентиляции. Проветривание только за счет естественной тяги не допускается. Система тоннельной вентиляции должна обеспечивать не менее чем трехкратный воздухообмен (подсчитанный по внутреннему объему тоннелей и станций) в течение одного часа. При этом скорость движения воздуха в вентиляционных тоннелях и стволах шахт не должна, как правило, превышать 8 м/с. Для тоннелей мелкого и глубокого заложения используются соответствующие схемы вентиляции. Следует отметить и тот факт, что в действующих метрополитенах по эксплуатационным причинам имеет место сезонное регулирование воздухообмена, не предусматриваемое проектами и влияющее на температурный режим станций и перегонов. При возникновении неблагоприятных температурных условий на станциях, и в тоннелях линий метрополитена неизбежны споры о причинах создавшегося положения, для разрешения которых могут потребоваться сопоставительные расчеты или использование общих закономерностей зависимости температурного режима от параметров регулируемого воздухообмена. Ряд мероприятий, направленных на снижение капитальных затрат при сооружении тоннелей, а именно, уменьшение диаметров путевых тоннелей, уменьшение глубины заложения станций и упрощение конструкции пешеходных выходов, привел к усилению поршневого эффекта поездов, вызывающих движение воздуха – «дутье» в тоннелях и на станциях. Однако, несмотря на актуальность, проблема ослабления или ликвидации «дутья» на станциях метрополитенов изучена недостаточно полно. Предложенные в отдельных работах, например в монографии Цодикова В.Я., противодутьевые мероприятия оказались малоэффективными, в особенности, для метрополитенов мелкого заложения, строительство которых приняло широкий размах и в которых «дутье» существенно интенсивнее, чем в метрополитенах глубокого заложения [2].

Рассмотрим, каким образом в тоннеле осуществляется обеспечение пожаробезопасности подвижного состава.

Анализ особенностей пожаров и аварийных режимов вентиляции в тоннеле показывает, что при возникновении пожара в тоннеле основную опасность представляют опасные факторы пожара, воздействие которых может полностью или частично блокировать пути эвакуации пассажиров, к тому же, затрудняют работу пожарных подразделений по спасению пассажиров и тушению пожара [3]. Поиск новых путей решения, связанных с локализацией и тушением пожара, а также создание незадымляемой зоной на пути эвакуации пассажиров и в местах, где предполагается работа пожарных подразделений является актуальной задачей. Решение этих задач становится особенно важным в связи с увеличением интенсивности движения транспортных средств, широким строительством тоннелей, новых линий метрополитенов и нового подвижного состава для них.

## Выводы

Таким образом, исследования по определению воздушного сопротивления подвижного состава необходимы для решения следующих прикладных задач:

1. Повышение экономичности транспортных средств путем снижения воздушного сопротивления, как подвижного состава, так и линий тоннелей.
2. Обеспечение вентиляции тоннелей, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям.
3. Обеспечение комфорта пассажиров и обслуживающего персонала путем уменьшения интенсивности сквозняков на станциях и в вестибюлях.
4. Повышение эффективности вентиляции и отопления вагонов, снижение шума.
5. Уменьшение динамических нагрузок на панели и другие элементы стен тоннеля.
6. Поиск рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями в тоннеле (локализация пожара, борьба с распространением ядовитых газов и т.д.).

## Список литературы

1. Арбузов Г.В. Вентиляция тоннелей метрополитенов / Г.В. Арбузов. – М.: Из-во ГТЖ, 1950. – 89 с.
2. Цодиков В.Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов / В.Я. Цодиков. – М.: Недра, 1975. – 313 с.
3. Андросюк В.Н. Система воздушных потоков в метрополитенах, ее роль в предупреждении и ликвидации последствий катастроф / В.Н. Андросюк // Сборник обзорной информации «Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях». – М., 2002. – Вып. 5. – С. 84-89.

Поступила в редколлегию 12.06.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков.

**ВПЛИВ ЗБУРЕНЬ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА  
НА ТЕХНІКО- ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ**

С.А. Грязнова

*Розглядається вплив збурень повітряного середовища на технічно-експлуатаційні характеристики рухомого складу метрополітену. Збурення повітряного середовища впливають на забезпечення санітарно-гігієнічних умов, проведення протипожежних мір, кінематичні та геометричні характеристики рухомого складу метрополітену, а також суттєво впливають на тягові та енергетичні характеристики.*

**Ключові слова:** *обурення повітряного середовища, основний опір руху, техніко-експлуатаційні характеристики.*

**INFLUENCE OF DISTURBANCE OF AIR ENVIRONMENT ON TECHNIC-OPERATING DESCRIPTIONS  
OF MOBILE COMPOSITION OF UNDEGROUND PASSAGE**

S.A. Gryaznova

*Influence of disturbance of air environment on technic-operating descriptions of mobile composition of underground passage is examined. Disturbances of air environment are influence on providing of sanitary-hygenic terms, leadithrough of fire-prevention measures, kinematics and geometrical descriptions of mobile composition of under2 ground passage, and also substantially influence on-9 tractional and power descriptions.*

**Keywords:** *disturbances of air envirement, basic resistance to motion, technic-operating descriptions.*