

ЛОГИСТИКА: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ОБИТАЕМОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Игорь Дубровин,
к.т.н., с.н.с. НИИ ВА МТО имени генерала армии
А.В. Хрулёва

Евгений Дубровин,
к.т.н., с.н.с. НИИ ВА МТО имени генерала армии
А.В. Хрулёва

Аннотация. Сегодня в наиболее перегруженных метрополитенах мира, таких как Нью-Йоркский, Лондонский, Московский, остро стоит проблема жары и духоты. В аномально жаркие летние дни жара и духота в метрополитене становятся настолько невыносимыми, что большинство людей отказываются от услуг метро и выбирают другие виды городского транспорта.

Ключевые слова. Система вентиляции, метрополитен, жара и духота, неработоспособность, аэродинамическая сеть, газо-воздушная среда, Департамент транспорта, ответственные лица.

Annotation. Today in the most overloaded subways of the world, such, for example, as New York, London, Moscow, the problem of a heat and closeness is particularly acute. In abnormally hot summers days of heat and closeness in the subway become so intolerable that most of people refuse subway services and choose other types of city transport.

Key words. Ventilation system, subway, heat and closeness, not working capacity, aerodynamic network, gas-air environment, Department of transport, responsible persons.

Несколько слов об обитаемости

Все метрополитены, как известно, творение рук человеческих или, используя понятийный аппарат экологии, – искусственные, техногенные (антропогенные) объекты. Очевидно, что все созданные человеком инженерные сооружения должны обладать разными свойствами, делающими их потребными в соответствии со своим назначением. Одним из таких свойств техногенных объектов является обитаемость, проявляющаяся в их способности поддерживать условия нормальной жизнедеятельности с целью сохранения здоровья и работоспособности людей, использующих объект по своему прямому функциональному назначению.

Важная проблема

По данным СМИ, из-за рекордно высокой температуры, которая в от-

дельные годы максимально составляла, например, на отдельных станциях Лондонской подземки около +52 °C (18.07.2006) и на отдельных станциях Московского метро – около +34 °C (июль 2010 г.), у пассажиров наблюдались одышка, головокружение, а также обмороки, тепловые удары, сердечные приступы и даже летальные исходы. В некоторые летние дни 2013 г. столбик термометра на некоторых станциях Московского метрополитена поднимался выше +28 °C (4.07.13). При этом руководство Москвы и администрация метрополитена уверяли, что условия на подземных станциях и в вагонах метро соответствуют санитарным нормам, проблем с воздухообменом на объектах метрополитена нет, а вентиляционная система метрополитена функционирует нормально.

Рост температуры и нехватка кислорода, как известно из курса физики, являются отличительными признаками процесса застоя газовой среды, воз-

никающего при отсутствии движения воздуха. Именно эти физические явления и наблюдаются на объектах метрополитена в жаркие летние дни, что связано в том числе и с неспособностью системы вентиляции метро выполнять свои функции по прямому назначению в полном объеме, то есть обеспечивать полноценный воздухообмен подземных станций и тоннелей с атмосферой.

Проблема жары и духоты в метро с годами только обостряется, и давно приобрела устойчивый социальный характер, однако, к сожалению, длительное время она не устраняется и вопрос восстановления работоспособности системы вентиляции метро даже не рассматривается.

Анализ конструкции существующей системы вентиляции метрополитенов показывает, что в процессе ее проектирования совместная работа вентилятора(ов) и вентиляционных каналов (всасывающего и вытяжного

воздуховодов) автономных участков системы не учитывалась. Это подтверждается равенством¹ диаметров воздуховодов: путевых тоннелей, вентиляционных каналов и стволов шахт (на рис. 1 – $D_T = D_K = D_{Ш}$), исключая наличие единой аэродинамической сети «вентиляционный(ые) агрегат(ы) – воздуховоды». Именно поэтому вентиляционная система современных метрополитенов является нерасчетной.

Между тем из аэродинамики хорошо известно, что отсутствие единой аэродинамической сети делает систему вентиляции неработоспособной. Одной из причин отсутствия единой аэродинамической сети является раздельное проектирование воздуховодов системы вентиляции метрополитена (проводила одна организация) и вентиляционных агрегатов метрополитена (выполняла другая организация). Другой причиной является отсутствие тестирования их совместной работы в реальных (подземных – прим. авторов) условиях на разных

глубинах заложения. Результаты выполненных авторами аэродинамических расчетов системы вентиляции метрополитена существующей конструкции и обследование вентиляционной системы метрополитена также подтверждают сделанный вывод. Соединение раздельно спроектированных и раздельно протестированных воздуховодов и вентиляционных агрегатов в единую систему вентиляции привело к конструктивной ошибке, которая не позволяет организовать принудительное движение воздуха на объектах метрополитена. Наличие этой ошибки вызывает значительный экономический и экологический ущерб.

Основным генератором перемещения газовой среды (воздухообмен) в метрополитене выступает так называемый поршневой эффект, возникающий только при движении электропоездов по тоннелям. Следует отметить, что поршневой эффект вовсе не бесплатное удовольствие, так как на его получение затрачивает-

ся до 6–8% электроэнергии тяговых электродвигателей головного (первого) вагона состава, что с учетом суммарного количества ежедневно курсирующих электропоездов выливается в огромные финансовые потери. К тому же, разнося по всем объектам метро микроскопические технические отходы деятельности подземки различного происхождения, травмирующие органы дыхания и зрения пассажиров и являющиеся причиной различных хронических заболеваний, приводящих в том числе и к летальным исходам, поршневой эффект в метро, по заключению британских и шведских ученых, является экологически опасным для человека физическим явлением.

Основной функцией системы вентиляции, как известно, является организация требуемого воздухообмена за счет удаления загрязненной нагретой газовой смеси из обслуживаемого объема (вытяжная система вентиляции) в атмосферу и подачи свежего относительно холодного на-

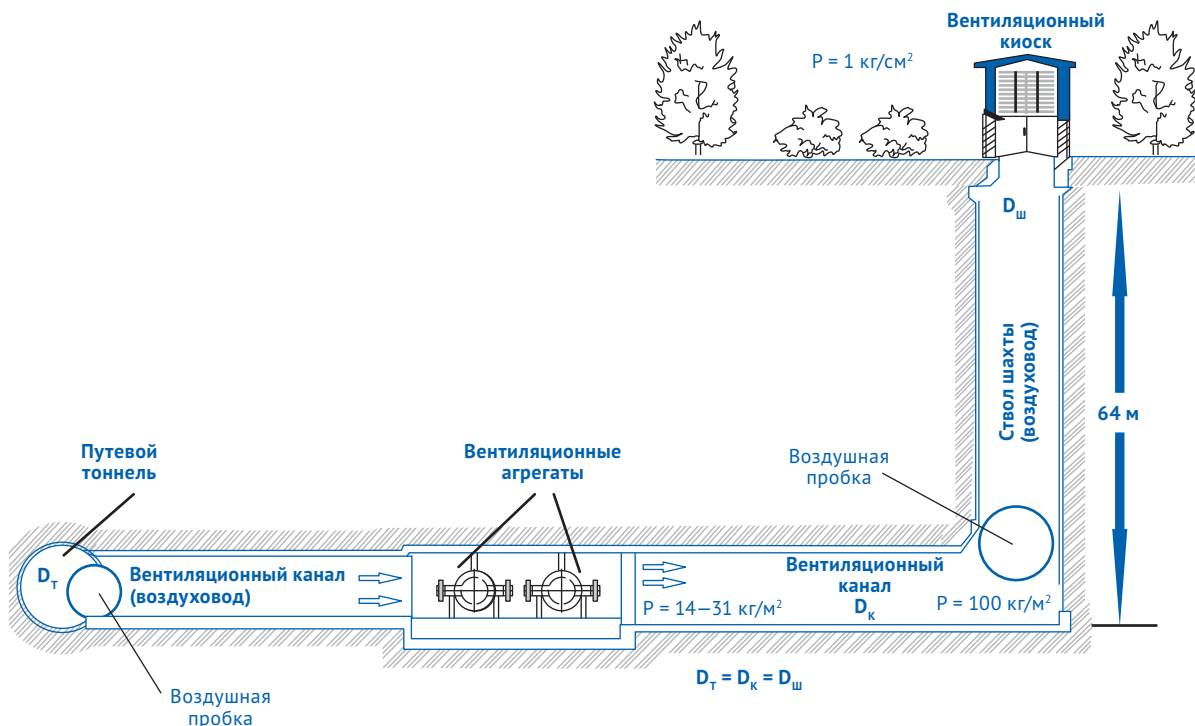


Рисунок 1. Автономный участок системы вентиляции метрополитена, расположенный на глубине 64 м под землей (вид сбоку), и рабочие давления воздуха внутри воздуховодов при работе системы вентиляции в режиме «Вытяжка»

Источник: Архив авторов.

¹ Равенство диаметров воздуховодов (путевых тоннелей, вентиляционных каналов и ствола шахты) системы вентиляции метрополитена объясняется использованием единого проходческого щита для их прокладки.



сыщенного кислородом атмосферного воздуха (приточная система вентиляции). Кроме того, циркуляция воздуха за счет работы системы вентиляции необходима для охлаждения газовоздушной среды в обслуживаемом объеме. В действительности же из-за использования в метрополитене неработоспособных вытяжной и приточной систем вентиляции воздухообмена его объектов с атмосферой при отсутствии движения электропоездов по тоннелям не происходит, что вызывает застой газовоздушной среды на станциях, в тоннелях и вагонах, приводящий в итоге к жаре и духоте. Известно, что в условиях жаркой погоды, когда температура на поверхности и в подземке одинакова, движение газов за счет разности их температур (тепловое побуждение движения газовоздушной среды) не происходит, при этом естественная циркуляция посредством конвекции воздуха (холодная газовая среда опускается вниз, а горячая газовая среда поднимается вверх) по контуру «атмосфера – объекты метрополитена – атмосфера» также исключается.

Справедливости ради необходимо отметить, что проблема жары и духоты в метрополитене хотя и медленно, но все же решается. Однако, по мнению авторов, решение проблемы

происходит бессистемно и без должного научно-технического сопровождения, практически реализуются второстепенные, никоим образом не связанные с системой вентиляции довольно дорогие мероприятия. Например, в Нью-Йоркском метрополитене во всех вагонах и на станциях установили кондиционеры. При этом даже не было принято во внимание, что станции и вагоны метро не являются герметичными, а значит, полного охлаждения газовоздушной среды в вагонах и на станциях не происходит. Не было учтено и то, что в реальных условиях работы на станциях и в вагонах метрополитена кондиционеры лишь снижают температуру перекачиваемой обогащенной углекислым газом (то есть загрязненной) и нагретой газовоздушной смеси, потребляя при этом на свою работу недешевую электроэнергию. В то же время сами кондиционеры представляют собой интенсивные источники тепла на объектах метрополитена, не говоря уже о том, что их практически бесполезная работа является причиной перерасхода электроэнергии. Использование кондиционеров на объектах метро создает перепад температур между внутренними объемами вагонов (холод) и станций (жара), что, в свою очередь, может привести к простудным заболеваниям пассажиров.

В Лондонском метро в решении проблемы жары и духоты пошли еще дальше и загрузили глыбы льда под пассажирские сидения вагонов, также не догадываясь, что охлаждают лишь загрязненную углекислым газом газовоздушную смесь внутренних объемов вагонов, одновременно был разработан проект охлаждения внешнего контура тоннелей «горячих» линий метрополитена проточной водой. Результатом внедрения первого «инновационного» мероприятия явилось активное таяние льда при высокой температуре воздуха в вагоне и попадание талой воды на электрооборудование вагонов и тоннелей со всеми вытекающими последствиями. Хорошо, что второе мероприятие из-за водопроницаемости внешнего контура тоннелей не было практически реализовано, в противном случае поезда постоянно курсировали бы по воде.

Следует добавить, что даже периодически проводимые модернизации системы вентиляции и плановые замены вентиляционных агрегатов на более мощные в различных метрополитенах мира не в состоянии устранить причину неработоспособности системы вентиляции, поскольку ее неработоспособность вызвана не техническими характеристиками вентиляционных агрегатов, а конструкцией системы в целом. Сами же по себе вентиляционные агрегаты вполне исправны и работоспособны, однако неспособны работать в единой аэродинамической сети.

Сегодня проектирование, эксплуатация и проверка работоспособности систем вентиляции российских метрополитенов производится в соответствии со СНиП 32-02-2003 (п. 5.8) и ГОСТ 12.3.018-79. Детальное изучение указанных документов показывает, что они разработаны исключительно для наземных условий работы системы вентиляции и вообще не учитывают особенностей функционирования системы вентиляции метрополитена на разных глубинах под землей, поэтому применяться в существующем виде для метрополитенов, особенно глубокого заложения, естественно не могут. Несмотря на это, данные документы являются руководящими и до сих пор действуют, и в соответствии с ними фактически не выполняющая свои функции система вентиляции метрополитена считается вполне работоспособной, а это значит, что неработоспособность системы вентиляции

метрополитена, использование которой не устраняет жару и духоту, закреплена законодательно.

Руководящие документы на проектирование системы вентиляции метрополитена задают только производительность вентиляционных агрегатов по воздуху и скорость движения воздуха, являющейся производной от производительности (см. СНиП 32-02-2003). При этом очевидно, что производительность вентиляционного агрегата по воздуху – это не единственная его аэродинамическая характеристика, однако другие, не менее важные рабочие характеристики вентиляторов (давление нагнетания воздуха, мощность электропривода, КПД, угол поворота лопаток), не учитываются, а без них невозможно обеспечить работу вентилятора в составе аэродинамической сети. Теоретически, как известно, можно задать любую производительность вентиляционного агрегата по воздуху (что и сделано в действующих сегодня требованиях и нормах на проектирование системы вентиляции метрополитена), но без ее обеспечения другими рабочими характеристиками эта производительность в реальных условиях работы вентиляционного агрегата практически достигнута не будет. Именно поэтому вентиляционная система метрополитенов для объектов глубокого заложения с момента ее создания не способна выполнять свои функции в полном объеме.

Решение любой сложной проблемы возможно только коллегиально. Это в полной мере подходит и к восстановлению работоспособности системы вентиляции метрополитена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Горячие точки» Лондона. Электронный ресурс: URL: https://www.saga.ua/44_archives_news_92698.html
2. Европейцы умирают от жары, а лондонское метро превратилось в топку. Электронный ресурс: URL: <https://ria.ru/20060612/49362250.html>
3. Жара в лондонском метро. Электронный ресурс: URL: http://www.airweek.ru/news_177.html
4. Славолубова Е., Пономарева М., Попков Р. Жара и духота в столичном метро опасны для жизни москвичей и безопасности страны. Электронный ресурс:



Проблема жары и духоты в метро с годами только обостряется, и давно приобрела устойчивый социальный характер, однако, к сожалению, длительное время она не устраняется и вопрос восстановления работоспособности системы вентиляции метро даже не рассматривается.

URL: <http://www.specletter.com/obcshestvo/2011-07-25/peregrev-na-strategicheskome-obekte.html>

5. Жара привела к духоте в Московском метро. Электронный ресурс: URL: <https://ria.ru/20130627/946170160.html>
6. Онищенко рассказал о том, почему так душно в Московском метрополитене. Электронный ресурс: URL: <http://webground.su/topic/2011/07/25/t326>
7. Главный санитарный врач России и глава Роспотребнадзора Геннадий Онищенко советует... Электронный ресурс: URL: <http://webground.su/go.php>
8. Бойко А. Почему в метро людям не хватает кислорода. Электронный ресурс: URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/23746.4/55677/>
9. Савельев И. Москвичей отпаивают в метро водой. Электронный ресурс: URL: <https://utro.ru/articles/2013/06/28/1128033.shtml>
10. Пассажиры метро спасут от духоты бесплатными веерами. Электронный ресурс: URL: <https://iz.ru/news/553045>
11. Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. Цена одной инженерной ошибки // Логистика. – 2018. – № 7. – С. 44–46.
12. Подземный воздух может привести к повреждению ДНК. Электронный ресурс: URL: <https://www.passion.ru/news/zdorove/vozduh-metro-razrushaet-dnk-25-12-2006.htm>
13. Воздух в метрополитене опасен для здоровья. Электронный ресурс: URL: <https://wek.ru/vozduh-v-metropolitene-opasen-dlya-zdorovya>
14. Микроскопические частицы пыли, обнаруженные в подземных железных дорогах, могут представлять риск для здоровья. Электронный ресурс: URL: <https://rus.my-health-homes.com/underground-railway-dust-may-pose-health-risk-53780>
15. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Подземный монстр // Медицинская газета. – 2014. – № 61. – С. 7.
16. Поездки в метро наносят ощутимый вред здоровью. Электронный ресурс: URL: http://medvesti.com/news/world/26270-poezdki_v_metro_nanosyat_oshchutimiy_vred_zdorovyu.html
17. Лондонское метро будет охлаждаться с помощью «гигантского мороженого». Электронный ресурс: URL: <http://homeweek.ru/news/394>
18. Зинченко Г. В столичном метро заменят вентиляцию. Электронный ресурс: URL: <https://www.km.ru/v-rossii/2014/06/06/gup-moskovskii-metropoliten/741890-ventilyatsiyu-v-stolichnom-metro-polnostyu-zamenyat-ventilyatsiyu>
19. Francis Cook. Is the air in underground subways harming our health? Электронный ресурс: URL: <https://www.railway-technology.com/features/feature-air-in-underground-subways-harming-health/>
20. В Лондоне метро будет охлаждаться льдом. Электронный ресурс: URL: <http://homeweek.ru/news/394>
21. Fläkt Woods модернизирует вентиляцию лондонского метро. Электронный ресурс: URL: <http://news.21.by/economics/2010/06/14/77742.html>
22. Систему вентиляции в тоннелях Московского метро модернизируют в 2012 г. Электронный ресурс: URL: <https://ria.ru/20120126/549436864.html>
23. Метро закупает противогазы и создает систему резерва чистого воздуха. Электронный ресурс: URL: <https://iz.ru/news/552026>