

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **18947**

(13) **С1**

(46) **2015.02.28**

(51) МПК

E 21F 1/00

(2006.01)

(54) **СИСТЕМА ДЛЯ РЕВЕРСИВНОЙ ТОННЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ
УЧАСТКА МЕТРОПОЛИТЕНА С ЧАСТИЧНОЙ
РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВОЗДУХА**

(21) Номер заявки: а 20110761

(22) 2011.06.03

(43) 2013.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Кашеев Владимир Петрович; Жидович Иван Станиславович; Кашеева Ольга Владимировна; Сорокин Владимир Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 1090884 А, 1984.

SU 1122832 А, 1984.

SU 949199, 1982.

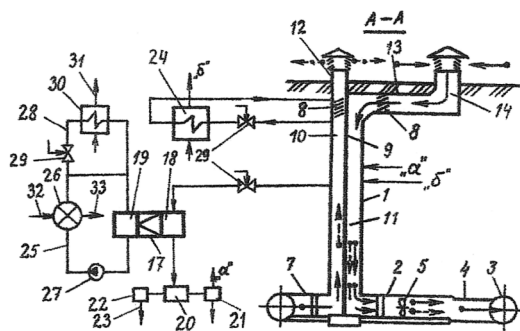
SU 605983, 1978.

RU 2146331 С1, 2000.

RU 2225511 С1, 2004.

(57)

Система для реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией воздуха, содержащего два параллельных перегонных тоннеля, включающая вентиляционный тоннель; вентиляционную сбойку, соединяющую два параллельных перегонных тоннеля; перегонную вентиляционную шахту; вентиляционную камеру тоннельной вентиляции, расположенную между параллельными перегонными тоннелями и соединенную с ними; установку для подачи наружного воздуха, включающую воздухозаборное устройство, вентиляторы, регуляторы расхода воздуха, содержащие автоматически регулируемые жалюзи; и воздухоудаляющее устройство, отличающаяся тем, что содержит вертикальную перегородку, установленную в стволе перегонной вентиляционной шахты по всей его высоте, образующую два изолированных канала, верхний конец первого из которых соединен с воздухозаборным устройством, верхний конец другого изолированного канала соединен с воздухоудаляющим устройством, а их нижние концы соединены с вентиляционной камерой тоннельной вентиляции и вентиляционным тоннелем соответственно; тепловой насос, включающий испарительную и конденсационную



Фиг. 2

ВУ 18947 С1 2015.02.28

части; сепаратор для разделения жидкой и газообразной фаз отработанного охлажденного воздуха, связанный с испарительной частью теплового насоса; связанный с сепаратором блок очистки газообразной фазы отработанного охлажденного воздуха; связанное с сепаратором очистное устройство для нейтрализации и удаления жидкой фазы отработанного охлажденного воздуха в канализацию; соединенную с сепаратором линию возврата газообразной фазы отработанного охлажденного воздуха в изолированный канал, соединенный с воздухозаборным устройством; рекуперативный теплообменник для подогрева поступающего из атмосферы воздуха, связанный с изолированным каналом, соединенным с воздухоудаляющим устройством; линию теплоснабжения, связанную с конденсационной частью теплового насоса, включающую водяной насос и байпасную линию с регулятором и теплообменником, содержащим линию, связывающую его с конденсационной частью теплового насоса, и линию подачи теплого воздуха в холодный период к входным устройствам метрополитена, а также линию подачи части теплого воздуха в холодный период в приточные вентиляционные шахты метрополитена и в порталы метрополитена, соединяющие его закрытую и открытую трассы.

Изобретение относится к вентиляции тоннельных сооружений, к созданию нормальных условий для пассажиров и обслуживающего персонала метрополитена.

Опыт эксплуатации метрополитенов показывает, что на самочувствие пассажиров и работоспособность обслуживающего персонала существенно влияют гигиенические условия, а также состояние воздушной среды и микроклимата в тоннелях и сооружениях метрополитена. Установлено, что основными вредностями в метрополитене являются тепло, влага и двуокись углерода, выделяющиеся в тоннелях от трансформации энергии, затрачиваемой на движение поездов и работу оборудования, от жизнедеятельности пассажиров и обслуживающего персонала, а также различные газы, которые могут попасть в тоннель с наружным воздухом, из грунтов, коммуникаций, пересекающих тоннели и рядом с ними расположенных. Кроме того, вредностями метрополитена являются пыль, образующаяся в тоннелях и поступающая туда с вентиляционным воздухом, масляный туман и микробиологическая обсемененность воздуха. Как правило, наружный воздух, подаваемый в тоннели, не обрабатывается (из-за больших затрат на этот процесс). Температура и влажность воздуха влияют на сохранность и безаварийность работы технологического оборудования метрополитена. Относительная влажность воздуха более 75 % и его температура выше 35 °С неблагоприятно сказываются на сохранности и надежности работы электротехнического оборудования. В летний период при большой влажности и высокой температуре наружного воздуха во избежание появления конденсата на внутренних поверхностях тоннелей и станций может появиться необходимость в осушении наружного воздуха и в устройстве местных подогревов электротехнического оборудования [1].

Известно устройство для обогрева ствола шахты [2] с целью предотвращения обмерзания ствола шахты в зимнее время и создания более комфортных условий, содержащее калорифер, через который пропускают подаваемый в ствол шахты атмосферный воздух. Там воздух нагревается отработанным воздухом, выходящим из шахты.

Недостатком устройства является невозможность регулирования состава подаваемого в тоннели воздуха и его влажности.

Известно устройство для охлаждения воздуха шахт [3], содержащее шахтную холодильную установку, включающую компрессор, конденсатор, дроссель, испаритель, канал подачи наружного воздуха, систему подачи хладоносителя и воздухоохладительные аппараты, размещенные в глубоких горизонтах шахты. Тепло, удаляемое из шахты, сбрасывается в окружающую среду. Проблема глубоких шахт связана с ростом температуры с глубиной - в глубоких шахтах, как, например в ЮАР, она доходит до 50 °С и выше.

Недостатками устройства являются большие затраты электроэнергии и невозможность регулирования состава подаваемого в тоннели воздуха и его влажности.

Известно устройство для вентиляции шахт [4], включающее шахтную холодильную установку, имеющую компрессор, теплообменники - конденсатор и испаритель, дроссельное устройство, канал подачи наружного воздуха, систему подачи холодоносителя и воздухоохладительные аппараты, размещенные в глубоких горизонтах шахты. В зимний период для предотвращения обмерзания ствола шахты наружный воздух на входе в шахту подогревают в конденсаторе.

Недостатками устройства являются большие затраты электроэнергии и невозможность регулирования состава подаваемого в тоннели воздуха и его влажности.

Известно устройство для регулирования теплового режима тоннелей метрополитена [5], содержащее оборудование для нагнетания атмосферного воздуха с поверхности в районе центральной сбойки в тоннели перегона метрополитена. Боковыми сбойками и станциями тоннели метрополитена разбиты на отдельные контуры с равным тепловыделением, где циркуляционный воздух воспринимает теплоту, выделившуюся поездами и другими источниками. В боковых сбойках находятся холодильные установки, где циркуляционный воздух охлаждается до температуры, с которой он попал в данный циркуляционный контур. Смешиваясь с приточным воздухом, он охлаждает его, приводя тем самым к нормализации климатических условий. Исходящий воздух отсасывают через подплатформенное пространство станций и подходные тоннели и по шахтам выводят на поверхность.

Недостатками устройства являются большие затраты электроэнергии и невозможность регулирования состава подаваемого в тоннели воздуха. Кроме вредных веществ из наружного воздуха, геологические породы тоннелей могут "дышать" - выделять какие-то газы, которые остаются в циркуляционном контуре.

Известна система для реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией воздуха [6] (прототип), содержащего два параллельных перегонных тоннеля, включающая вентиляционный тоннель; вентиляционную сбойку, соединяющую два параллельных перегонных тоннеля; перегонную вентиляционную шахту; вентиляционную камеру тоннельной вентиляции, расположенную между параллельными перегонными тоннелями и соединенную с ними; установку для подачи наружного воздуха, включающую воздухозаборное устройство, вентиляторы, регуляторы расхода воздуха, содержащие автоматически регулируемые жалюзи, и воздухоудаляющее устройство.

Недостатками прототипа являются недостаточно стабильный температурный и влажностный режим воздуха в тоннелях и на станциях метрополитена, вызванный резкими изменениями температуры и влажности наружного воздуха в течение года и суток.

Задачей изобретения является стабилизация температурного и влажностного режимов атмосферы метрополитена при его работе, создание комфортных условий для пассажиров и обслуживающего персонала, уменьшение влияния вредных веществ, вносимых наружным воздухом, уменьшение энергетических затрат на обслуживание помещений метрополитена.

Задача решается тем, что система для реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией воздуха, содержащего два параллельных перегонных тоннеля, включающая вентиляционный тоннель; вентиляционную сбойку, соединяющую два параллельных перегонных тоннеля; перегонную вентиляционную шахту; вентиляционную камеру тоннельной вентиляции, расположенную между параллельными перегонными тоннелями и соединенную с ними; установку для подачи наружного воздуха, включающую воздухозаборное устройство, вентиляторы, регуляторы расхода воздуха, содержащие автоматически регулируемые жалюзи; и воздухоудаляющее устройство, согласно изобретению, содержит вертикальную перегородку, установленную в стволе перегонной вентиляционной шахты по всей его высоте, образующую два изолированных канала, верхний конец первого из которых соединен с воздухозаборным устройством,

верхний конец другого изолированного канала соединен с воздухоудаляющим устройством, а их нижние концы соединены с вентиляционной камерой тоннельной вентиляции и вентиляционным тоннелем соответственно; тепловой насос, включающий испарительную и конденсационную части; сепаратор для разделения жидкой и газообразной фаз отработанного охлажденного воздуха, связанный с испарительной частью теплового насоса; связанный с сепаратором блок очистки газообразной фазы отработанного охлажденного воздуха; связанное с сепаратором очистное устройство для нейтрализации и удаления жидкой фазы отработанного охлажденного воздуха в канализацию; соединенную с сепаратором линию возврата газообразной фазы отработанного охлажденного воздуха в изолированный канал, соединенный с воздухозаборным устройством; рекуперативный теплообменник для подогрева поступающего из атмосферы воздуха, связанный с изолированным каналом, соединенным с воздухоудаляющим устройством; линию теплоснабжения, связанную с конденсационной частью теплового насоса, включающую водяной насос и байпасную линию с регулятором и теплообменником, содержащим линию, связывающую его с конденсационной частью теплового насоса, и линию подачи теплого воздуха в холодный период к входным устройствам метрополитена, а также линию подачи части теплого воздуха в холодный период в приточные вентиляционные шахты метрополитена и в порталы метрополитена, соединяющие его закрытую и открытую трассы.

При работе часть отработанного воздуха охлаждается в испарительной зоне теплового насоса до выделения конденсата, затем в сепараторе она разделяется на жидкую и газообразную фракции, в блоке их отдельной очистки жидкая фракция нейтрализуется и удаляется в канализацию, газовая фракция очищается, а в устройстве для возвращения газообразной части в сооружения метрополитена она смешивается с наружным приточным воздухом и затем вновь подается в перегонные тоннели. Отбираемое тепло после повышения его температурного уровня в испарительной зоне теплового насоса используется для отопления, горячего водоснабжения и вентиляции сооружений и оборудования метрополитена, в холодный период часть тепла используется для создания тепловой завесы входных устройств метрополитена, в зимний период часть тепла подают в приточные вентиляционные шахты и в порталы, соединяющие закрытую трассу метрополитена с открытой, в зимний период отбирается максимальное количество воздуха, а в летний - минимальное. Рекуперативные теплообменные устройства для нагрева поступающего из атмосферы воздуха отработанным позволяют при необходимости повышать температуру поступающего в метрополитен воздуха до необходимого уровня.

Исследования показали, что если охладить воздух до точки росы, то есть до той температуры, когда вода переходит в жидкую фазу, то основные вредные вещества, содержащиеся в воздухе, переходят в конденсат. Таким образом, порция воздуха, которую смешивают с поступающим в метрополитен атмосферным воздухом, не содержит основных вредностей метрополитена - тепла и влаги, наружный же воздух кроме них может дополнительно содержать еще и пыль, масляный туман, жидкие и твердые продукты промышленных выбросов, выхлопные газы автомобильного транспорта. Поэтому добавление в атмосферный воздух, поступающий в метрополитен, порции очищенного воздуха со стабильными температурой и влажностью приводит к уменьшению колебаний этих параметров во времени, к созданию комфортных условий для пассажиров, обслуживающего персонала и работы оборудования. Так как тепло у порции рециркулирующего воздуха отбирают в испарительной зоне теплового насоса, то в его конденсатной зоне потенциал тепла повышается до нужного уровня, и это тепло может быть использовано для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения сооружений и оборудования метрополитена. Благодаря этому экономится энергия, которую надо было затратить для этих целей. В холодный период часть этого тепла может быть использована для создания тепловой завесы входных устройств метрополитена. Для предотвращения обледенения в зимний период часть этого тепла может быть подана в приточные вентиляционные шахты и в порталы,

ВУ 18947 С1 2015.02.28

соединяющие закрытую трассу метрополитена с открытой. Это уменьшает энергозатраты метрополитена. В связи с тем что в зимний период возрастает требуемое количество теплоты, в этот период отбирается максимальное количество воздуха, а в летний - минимальное.

На фиг. 1 изображен участок системы для реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией воздуха, а на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

Предлагаемая система реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией содержит перегонные вентиляционные шахты 1, стволы которых сообщены с вентиляционными камерами 2 тоннельной вентиляции. Камеры 2 сообщены, в свою очередь, с параллельными перегонными тоннелями 3 посредством нижних вентиляционных тоннелей 4. В участке системы для реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена, представленном на фиг. 1, ствол шахты 1, вентиляционная камера 2 и нижний вентиляционный тоннель 4 расположены между параллельными перегонными тоннелями 3. К стволу каждой шахты 1 примыкает вентиляционная камера 2 вентиляционной установки с расположенными в ней вентиляторами 5, переходящая в нижний вентиляционный тоннель 4 с шумопоглотителями 6. С другой стороны ствол шахты 1 сообщен с вентиляционным тоннелем 7, в котором установлен регулятор расхода воздуха, в частности автоматически регулируемые жалюзи 8. Тоннель 7 примыкает к перегонному тоннелю 3 и сообщен с ним на участке, расположенном по ходу движения поезда перед вентиляционной камерой 2 и нижним вентиляционным тоннелем 4. В стволе шахты 1 по всей его высоте вертикальной перегородкой 9 образованы два изолированных канала 10 и 11. Верхний конец канала 10 заканчивается воздухоудаляющим устройством (киоском) 12, верхняя часть канала 11 сообщена с вентиляционным тоннелем 13, а он - с воздухозаборным устройством 14. Нижние концы каналов 10 и 11 сообщены с вентиляционным тоннелем 7 и вентиляционной камерой 2 соответственно.

Так же как и в вентиляционном тоннеле 7, в верхнем вентиляционном тоннеле 13 канала 11 и на выходе из канала 10 установлены регуляторы расхода воздуха - автоматически регулируемые жалюзи 8. Перегородка 9 может быть выполнена складной для проведения ремонтных работ в стволах вентиляционных шахт 1. Возможен вариант, когда перегородка 9 выполнена из мягкого эластичного материала. В перегонном тоннеле 3 на участке между местом его сообщения с вентиляционным тоннелем 7 и нижним вентиляционным тоннелем 4 установлены диафрагмы 15. Перегонные тоннели соединены также вентиляционными сбояками 16.

Особенность предлагаемой системы реверсивной тоннельной вентиляции участка метрополитена с частичной рециркуляцией воздуха состоит в том, что она содержит тепловой насос 17 с испарительной и конденсационной частями 18 и 19 соответственно, сепаратор 20 для разделения полученных в холодильнике - испарительной зоне 18 теплового насоса 17 - жидкой и газообразной фаз после охлаждения использованного в метрополитене воздуха, идущего по каналу 10, блок 21 очистки воздуха, очистное устройство 22 для нейтрализации жидких фракций с линией 23 подачи продуктов нейтрализации в канализацию, соединяющие их трубопроводы с арматурой, в том числе линия "а" подачи очищенного воздуха в тоннель 11, и аналитически - исполнительный комплекс для осуществления работы устройства в автоматическом режиме.

Кроме этого, имеется рекуперативный теплообменник 24 для подогрева "свежего", поступающего из атмосферы воздуха за счет теплоты удаляемого из метрополитена по каналу 10 отработанного воздуха с линией "б" подачи его в канал 11.

Через конденсатную зону 19 теплового насоса 17 проходит линия 25 теплоснабжения потребителя 26 теплоты (отопление, горячее водоснабжение и вентиляция сооружений и оборудования метрополитена), имеющая водяной насос 27, байпасная линия 28 с регулятором 29, теплообменником 30 с линией 31 подачи теплоты в холодный период для создания тепловой завесы входных устройств метрополитена и для подачи в зимний период части этого тепла в приточные вентиляционные шахты и в порталы, соединяющие закры-

ВУ 18947 С1 2015.02.28

тую трассу метрополитена с открытой. Также через потребителя 26 теплоты проходит линия его традиционного теплоснабжения - по линии 32 поступает прямая сетевая вода, а по линии 33 уходит обратная сетевая вода.

Устройство работает следующим образом.

Часть удаляемого из метрополитена воздуха из канала 10 пропускают через испарительную зону 18 теплового насоса 17, где происходит ее охлаждение ниже точки росы, что приводит к конденсации части влаги. Большая часть вредных веществ переходит в эту сконденсировавшуюся влагу. Затем в узле-сепараторе 20 разделяют сконденсировавшиеся и несконденсировавшиеся компоненты. Очистку полученных фракций производят отдельно (воздуха - в очистном устройстве 21, жидкости - в очистном устройстве 22), что ее значительно упрощает и удешевляет: жидкие фракции, в основном углекислоту, можно нейтрализовать щелочью, газы можно очистить на различных фильтрах. Очищенный воздух по линии "а" поступает в канал 11, нейтрализованные жидкие вещества направляют в канализацию по линии 23.

В холодный период года работает рекуперативный теплообменник 24 для подогрева "свежего", поступающего из атмосферы воздуха за счет теплоты удаляемого из метрополитена по каналу 10 отработанного воздуха с линией "б" его подачи в канал 11, включается байпасная линия 28 с регулятором 29, теплообменником 30 с линией 31 подачи теплоты для создания тепловой завесы входных устройств метрополитена и для подачи части этого тепла в приточные вентиляционные шахты и в порталы, соединяющие закрытую трассу метрополитена с открытой.

Тепловой насос 17 повышает температурный уровень низкопотенциального тепла рециркулируемого воздуха, что позволяет использовать это тепло для отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. Поэтому для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения теплового потребителя 26, его служебных и вспомогательных помещений используют теплоту, выделяющуюся в тепловом насосе 17, а при ее недостатке - теплоту традиционных источников.

Команды для подачи в канал 11 определенного количества атмосферного воздуха, для регенерации фильтров, включения и отключения исполнительных органов, изменения расходов сред дает исполнительно-аналитический комплекс, анализирующий текущую ситуацию.

Под воздействием вентиляторов 5, работающих на приток наружного воздуха в перегонные тоннели 3, наружный воздух засасывается через вентиляционные киоски 14 системы, поступает по верхним вентиляционным тоннелям 9 через расположенные в них автоматически регулируемые жалюзи 8 в верхнюю часть каждого из стволов шахт 1. После этого наружный воздух смешивается с потоком воздуха, поступающим по линии "б", нагретым до положительных температур сбросным теплом метрополитена в рекуперативном теплообменнике 24 (только в холодный период), и по линии "а" с холодным воздухом, прошедшим через испарительную зону 18 теплового насоса 17. Смешение этих потоков воздуха происходит в верхней части стволов шахт 1.

Вследствие создаваемого вентиляторами 5 разрежения и поршневого эффекта движения поездов нагретый внутритоннельный воздух из перегонных тоннелей 3 по примыкающим к ним вентиляционным тоннелям 7 через расположенные в последних автоматически регулируемые жалюзи 8 и сопряженные с вентиляционными тоннелями 7 каналы 10 поступает в верхнюю часть стволов шахт 1, отдает свою теплоту в тепловом насосе 17 и рекуперативном теплообменнике 24 (в холодный период) и удаляется в атмосферу через киоск 12.

Смешение таких потоков воздуха позволяет получить нужную стабильную температуры смеси, а затем смешанный воздух поступает по вентиляционным каналам 11 стволов шахт 1 в перегонные тоннели 3 с помощью вентиляторов 5, расположенных в вентиляционных камерах 2 и принудительно подающих смешанный воздух в сопряженные с пере-

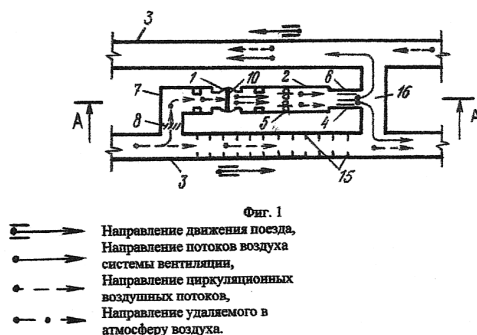
гонными тоннелями 3 нижние вентиляционные каналы 4 через установленные в них глушители 6 шума. Далее часть потока воздуха поступает по перегонным тоннелям 3, а часть - через вентиляционные сбойки 15 в другие параллельные перегонные тоннели 3, где смешивается с потоками воздуха, движущимися по этим тоннелям. Причем смешение наружных вентиляционных потоков воздуха производится также в количествах, исключающих ухудшение качества подаваемого в метрополитен смешанного потока воздуха по санитарным нормам, требующим не превышения нормативного содержания в смешанном потоке газовых и бактериальных загрязнений. В целях создания наиболее благоприятных условий для поступления потока воздуха из перегонного тоннеля 3 в вентиляционный канал 7 в перегонных тоннелях 3 располагаются в пределах габаритов приближения их оборудования диафрагмы 15. Диафрагмы 15 устанавливаются в перегонных тоннелях 3 для создания дополнительного аэродинамического сопротивления циркуляционному потоком воздуха, движущимся по перегонным тоннелям 3, что обеспечивает поступление большей части нагретого до положительной температуры циркуляционного потока воздуха по вентиляционным тоннелям 7 к стволам шахт 1.

Применение устройства позволяет создать комфортные условия в метрополитене, использовать ранее бесполезно выбрасываемое тепло, а также значительно упростить эксплуатацию тоннельных сооружений и уменьшить эксплуатационные расходы.

Таким образом, задача изобретения - стабилизация температурного и влажностного режимов атмосферы метрополитена при его работе, создание комфортных условий для пассажиров и обслуживающего персонала, уменьшение влияния вредных веществ, вносимых наружным воздухом, уменьшение энергетических затрат на обслуживание помещений метрополитена - достигнута.

Источники информации:

1. Цодиков В.Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. - М.: Недра, 1975. - С. 29-30.
2. А.с. СССР 64099, МПК Е 21F 3/00, 1944.
3. Щербань А.М. и Ягельский А.Н. Кондиционирование рудничного воздуха. - Углетехиздат, 1956. - С. 171-172.
4. А.с. СССР 592991, МПК Е 21F 3/00, 1978.
5. А.с. СССР 1567793, МПК Е 21F 3/00, 1990.
6. А.с. СССР 1090884, МПК Е 21F 1/00, 1984.



Фиг. 1