Стоякин Г.М.¹, Костин А.В.²

Повышение эффективности установки кондиционирования воздуха для подвижного состава, за счет применения рекуператора теплоты вытяжного воздуха на базе теплового насоса

¹ООО «Проектное бюро АПЕКС»

²Российский университет транспорта (МИИТ)

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-04-2019-61

idsp: sciencerussia-10-04-2019-61

Аннотация

Повышение качества подаваемого в салон пассажирского вагона воздуха предлагается достичь заменой рециркуляции удаляемого из вагона воздуха рекуперацией его теплоты с помощью теплового насоса.

Ключевые слова: установка кондиционирования воздуха; пассажирский вагон; рециркуляция; тепловой насос; теплообменник.

Для повышения комфорта перевозки пассажиров в пассажирских вагонах требуется увеличение расхода воздуха, подаваемого в салон вагона поезда, до 35 м³/ч на человека, что для низких значений наружной температуры позволит достичь в салоне содержания CO₂ на уровне 0,1 %об. (при числе пассажиров, равному расчетной вместимости вагона). По косвенной методике классификации, такое содержание CO₂ соответствует классу качества воздуха не хуже IDA 2. Для этого необходимо увеличение мощности нагрева приточного воздуха в 1,5 раза, что потребует источник дополнительной энергии на обработку и подачу воздуха в вагон [1]. С нашей точки зрения в этом случае наиболее приемлемым является рекуперация теплоты удаляемого из вагона воздуха с помощью теплового насоса.

Для оценки эффективности предлагаемой схемы рекуперации теплоты используем характеристики компрессора ZR81KC-TFD фирмы Emerson в различных режимах работы. «Тандем» из двух спиральных компрессоров ZR81KC-TFD, а также теплообменных устройств, работающих на фреоне R22, в установке кондиционирования воздуха пассажирских вагонов УКВ ПВ (Т) ЗАО "ЛАНТЕП", имеющей функцию теплового насоса [2]. Данная установка не нашла массового применения, но была испытана в реальных условиях, и доказала свою работоспособность.

На рис. 1 показана функциональная схема обработки воздуха в установке кондиционирования воздуха УКВ ПВ (Т) ЗАО "ЛАНТЕП"

1 - фильтр, 2 - камера смешения наружного и рециркуляционного воздуха, 3 - электрокалорифер, 4 - жидкостный калорифер, 5.1 - фреоновый теплообменник (испаритель в режиме охлаждения, конденсатор в теплонасосном режиме), 5.2 - оборудование фреонового контура, 5.3 - фреоновый теплообменник (конденсатор в режиме охлаждения, испаритель в теплонасосном режиме), 5.4 -

вентилятор (обеспечивает поток наружного воздуха через теплообменник), 6 - приточный вентилятор (подает воздух в вагон).

Рисунок 1. функциональная схема обработки воздуха в установке кондиционирования воздуха УКВ ПВ (Т) ЗАО "ЛАНТЕП"

На рис. 2 показана предлагаемая функциональная схема обработки воздуха в установке кондиционирования воздуха, с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха.

Отличие предлагаемой схемы от стандартной, представленной на рис. 1, состоит в том, что на теплообменник 5.3 подается вытяжной воздух из вагона, при этом аэродинамическое сопротивление теплообменника преодолевается за счет избыточного давления в вагоне (необходимого для предотвращения попадания пыли в салон). Пунктиром показана рециркуляция воздуха, требуемая в режиме охлаждения воздуха в летний период. В предлагаемой схеме зимой нет необходимости в рециркуляции воздуха, так как его теплота утилизируется в теплообменнике 5.3 и передается воздуху, подаваемому в вагон.

Рисунок 2. Функциональная схема обработки воздуха в установке кондиционирования воздуха, с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха

При данной схеме легко решается проблема, характерная для УКВ ПВ (Т) - обмерзание теплообменника. При постоянной положительной температуре вытяжного воздуха (+200С) - достаточно кратковременного отключения агрегата для разморозки, в то время как при существующем обдуве воздухом с отрицательной температурой эту проблему решить гораздо сложнее.

Следует отметить, что теплообменник при этом должен обладать минимальным гидравлическим сопротивлением, для возможности использования его в системе естественной вытяжной вентиляции. Предлагается вместо штатного конденсатора использовать теплообменник из поперечнообтекаемого пучка труб с продольными турбулизаторами, что позволяет достичь меньшего гидравлического сопротивления без увеличения габаритов по сравнению с пучком гладких труб [3-4].

На рисунке 3 показана зависимость необходимой для подготовки воздуха (из расчета 35 м3/ч на место) тепловой энергии от температуры наружного воздуха. Также на рисунке 3 показана зависимость максимальной тепловой мощности системы на базе двух компрессоров ZR81KC-TFD [3].

Рисунок 3. Зависимость необходимой для подготовки воздуха тепловой энергии от температуры наружного воздуха.

Штриховыми линиями показаны максимальная и минимальная тепловая мощность испарителя системы на базе двух компрессоров ZR81KC-TFD (в теплонасосном режиме) при температуре кипения фреона R22 -150С (максимальная мощность соответствует температуре конденсации фреона +270С, минимальная мощность - температуре конденсации +47,50С). Как видно из графиков максимальная теплопроизводительность теплового насоса достигает 25 кВт, что даёт возможность подогрева наружного воздуха с температурой выше -170С до требуемой температуры приточного воздуха +20 0С в вагоне на 60 мест (худший вариант). В вагонах других модификаций применение теплонасосного режима подогрева возможно при более низких температурах наружного воздуха.

При использовании теплонасосной установки УКВ ПВ (Т) увеличение нагрузки на электросеть вагона составляет 28,2 кВт [2], что не превышает допустимых значений и не приводит к увеличению выбросов вредных веществ при производстве энергии.

1. Стоякин Г.М., Костин А.В. Пути улучшения воздушной среды в пассажирских вагонах. Вопросы технических наук в свете современных исследований / Сб. ст. по материалам II-III междунар. науч.-практ. конф. № 2-3 (2). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2017. с.5-12.
2. Жариков В.А. Климатические системы пассажирских вагонов М.: Трансинфо - 2006. 135 с.
3. Г.М.Стоякин. Снижение гидравлического сопротивления трубных теплообменных аппаратов с продольными турбулизаторами пограничного слоя. Информация и космос. №2, 2011 г. с.47-49.
4. Б.Н.Минаев, А.В.Костин, Г.М.Стоякин. О влиянии искусственной турбулизации пограничного слоя на гидравлическое сопротивление пучка круглых труб, омываемых поперечным потоком вязкой среды. Наука и техника транспорту. №2, 2012 г. с. 47-52.