

песколовках и отстойниках, очистка воды в аэротенках и др.), сопровождающиеся повышенной шумностью.

Таким образом, кутора малая в настоящее время обитает и на территориях, на которых ведется различная хозяйственная деятельность и которые подвергаются значительному шумовому загрязнению. В настоящее время шумовое загрязнение (в т. ч. и от автотранспорта) не является лимитирующим фактором в расселении *N. anomalus* на территории Беларуси. Приведенный факт подтверждает, что функционирование дорог при использовании сооружений, обеспечивающих перемещение животных через опасные участки, может сочетаться с обитанием редких и малоизученных видов мелких млекопитающих.

#### Список литературы

1 Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. – Минск : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2015. – С. 315.

2 Саварин, А.А. О распространении и экологии куторы малой (*Neomys anomalus* Cabrera, 1907) в Беларуси / А. А. Саварин // Экологічні науки. – 2019. – № 1(24). Т. 2. – С. 122–125. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-1-24-2-24.

3 Саварин, А. А. О находке куторы малой (*Neomys anomalus*) на территории станции по очистке сточных вод г. Береза (Брестская область) / А. А. Саварин, А. Н. Молош // Вісник Одеського національного університету. Біологія. – 2017. – № 1 (40). Т. 22. – С. 71–77. DOI: 10.18524/2077-1746.2017.1(40).105177.

УДК 697.911

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*Г. М. СТОЯКИН*

*ООО «Проектное бюро АПЕКС», г. Москва, Российская Федерация*

*А. В. КОСТИН*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*С. Н. НАУМЕНКО*

*АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), г. Москва, Российская Федерация*

Постоянное увеличение стоимости электроэнергии и энергоносителей, возрастающие требования к экологической безопасности инженерных систем, а также повышающиеся требования к обеспечению комфортных условий перевозки пассажиров приводят к необходимости поиска путей экономии энергии в системах кондиционирования воздуха (СКВ) пассажирских вагонов.

При этом необходимо учитывать специфику эксплуатации климатических систем пассажирского железнодорожного транспорта: широкий диапазон температур наружного воздуха (от  $-40$  до  $+40$  °С), необходимость защиты от проникновения железнодорожной пыли в вагон (содержание пыли может достигать более  $100 \text{ мг/м}^3$  [3]), ограничение массогабаритных параметров установок и прочее.

Для уменьшения содержания пыли в атмосфере пассажирских вагонов подаваемый в салон наружный воздух проходит предварительную обработку в фильтрах различной конструкции. Дополнительно для борьбы с попаданием пыли через неплотности ограждающих конструкций кузова в пассажирских вагонах локомотивной тяги поддерживается незначительное избыточное давление воздуха (подпор) на уровне 15 Па, обеспечиваемое совместной работой приточной (приточно-рециркуляционной) механической и естественной вытяжной вентиляции. Аналогичное решение для защиты от проникновения опасных примесей воздуха в помещения реализуется в промышленном и гражданском строительстве. Наибольший подпор составляет 50 Па (в режиме рециркуляции, без действующей механической вытяжной системы) при кратковременной эксплуатации только в случае чрезвычайных ситуаций.

Превышение указанного значения нежелательно, т. к. увеличение избыточного давления неизбежно приводит к вытеснению внутреннего воздуха из помещений вагона в ограждающие кон-

струкции кузова с последующей конденсацией содержащейся в нем влаги. В качестве теплоизоляционного материала наружных ограждений используется, как правило, минеральная (базальтовая) вата (URSA и её аналоги) – негорючая, с хорошими теплоизоляционными и шумопоглощающими свойствами, но отличающаяся высокой гигроскопичностью (паропроницаемость материала 0,64 мг/м·ч·Па). При излишнем избыточном давлении из-за попадания теплого внутреннего воздуха такой материал может потерять свои теплоизоляционные свойства. Также повышенная влажность может привести к распространению плесени под обшивкой кузова. Наиболее распространенной альтернативой (не подверженной воздействию влаги) минеральной вате являются изделия из вспененного полистирола, отличающиеся значительной пожарной опасностью, что ограничивает их применение.

В качестве решения проблемы создания энергоэффективной СКВ вагона можно рассмотреть возможность применения в ней рекуперации теплоты вытяжного воздуха с помощью теплового насоса в сочетании с сохранением подпора воздуха для защиты от пыли.

СКВ с тепловым насосом для пассажирского подвижного состава в настоящее время разработаны ВНИИЖТом и ЗАО «ЛАНТЕП», но широкого применения пока не нашли. Одной из главных причин является крайне ограниченное применение для подвижного состава рекуператоров различных конструкций, широко используемых в системах вентиляции общественных зданий (в связи с требованиями СП 60.13330.2016 и других нормативных документов) из-за лимитирования по дополнительному весу и габаритам и низкой эффективности работы при отрицательных температурах.

В таблице 1 сравниваются эксплуатационные характеристики различных рекуператоров.

Таблица 1 – Сравнение рекуператоров для СКВ при работе в режиме теплового насоса\*

Сопротивление Теплообменника, Па	Минимальная рабочая температура наружного воздуха	Эффективность рекуперации теплоты (для теплового насоса – экономия тепла), %	Примечание
<b>1 Применение установки кондиционирования воздуха в режиме теплового насоса УКВ ПВ(Т) ЗАО «ЛАНТЕП»</b>			
Нет данных	-15 °С	52	
<b>2 Использование теплоты вытяжного воздуха (рекуперация теплоты)</b>			
<i>2.1 Пластинчатый теплообменник</i>			
100–1000	- 21 °С	50–65, зависит от температуры	При относительной влажности вытяжного воздуха 60 % и температуре 20 °С
<i>2.2 Роторный теплообменник</i>			
100–300	< -40 °С	65–90, зависит от температуры	Высокие затраты на обслуживание
<i>2.3 Два трубчатых теплообменника с промежуточным теплоносителем (антифризом)</i>			
150–500	-28,1 °С – 40 % этиленгликоль -22,2°С – 40 % пропиленгликоль -55 °С – 30 % СаСl	40–70	Возможно размещение теплообменников на удалении друг от друга
<i>2.4 Два трубчатых теплообменника - конденсатор и испаритель теплового насоса (кондиционера)</i>			
150–500**	-	50–70	Возможно размещение теплообменников на удалении друг от друга
* Характеристики приведены по [3–5] при равенстве расходов приточного и вытяжного воздуха через рекуператор.			
** Характерное сопротивление трубчатых теплообменников в СКВ.			

Как видно из таблицы 1, большинство рассматриваемых вариантов не подходит для установки в СКВ вагона из-за ограничения возможности применения по температуре наружного воздуха. Кроме того, все рассмотренные рекуператоры обладают значительным сопротивлением и не могут быть установлены в системе с естественным побуждением.

Тем не менее вариант с тепловым насосом между вытяжным и приточным воздухом заслуживает наибольшего внимания – хорошая эффективность, возможность нагрева и охлаждения воздуха, отсутствие необходимости в установке дополнительного оборудования, значительно увеличивающего вес вагона (всё необходимое оборудование входит в состав агрегатов УКВ ПВ(Т)). Единственным принципиальным недостатком является обязательное наличие механической тяги, при

которой сложно организовать защиту от проникновения в помещения вагона железнодорожной пыли через неплотности кузова.

Решить проблему представляется возможным за счет размещения в вытяжном канале вагона испарителя теплового насоса (конденсатора СКВ) представляющего собой пучок поперечнообтекаемых труб с продольными турбулизаторами гидравлического пограничного слоя. Согласно [1, 2] применение таких турбулизаторов позволяет значительно снизить гидравлическое сопротивление пучка труб без снижения теплообмена, что позволяет разработать рекуператор с требуемыми характеристиками (и позволит уйти от необходимости принудительной тяги, ограничившись минимальным подпором). Эксплуатация рекуператора при этом будет осуществляться только при положительной температуре.

#### Список литературы

1 Стоякин, Г. М. Снижение гидравлического сопротивления трубных теплообменных аппаратов с продольными турбулизаторами пограничного слоя / Г. М. Стоякин // Информация и космос. – № 2. – 2011.

2 Минаев, Б. Н. О влиянии искусственной турбулизации пограничного слоя на гидравлическое сопротивление пучка круглых труб, омываемых поперечным потоком вязкой среды / Б. Н. Минаев, А. В. Костин, Г. М. Стоякин // Наука и техника транспорта. – № 2. – 2012.

3 Жариков, В. А. Климатические системы пассажирских вагонов / В. А. Жариков. – М. : Трансinfo, 2006.

4 Беккер, А. Системы вентиляции / А. Беккер. – М. : Техносфера, Евроклимат, 2005.

5 Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – М. : Евроклимат, 2006.

УДК 662.8.053.33

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ФИЛЬТРОВ, НАСЫЩЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

*Б. М. ХРУСТАЛЁВ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*А. Н. ПЕХОТА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время всё больше на транспорте и в малой энергетике используются топливные фильтрующие элементы как необходимое условие, позволяющее обеспечивать безаварийную и долговременную работу топливных систем за счет удаления примесей, содержащихся в топливе. Для сокращения их негативного воздействия как отходов в виде отработанных фильтрующих элементов на окружающую среду необходимы создание и разработка ресурсосберегающих экологических технологий переработки. При этом сложность рассматриваемой ситуации обуславливается повсеместно возрастающим объемом образования этой группы отходов с малоэффективным уровнем использования, который зачастую заканчивается простым вывозом этого вторичного ресурса на свалку коммунальных отходов для захоронения, несмотря на достаточно высокий уровень содержания различных материалов в этом виде отхода.

По статистике в каждом автомобиле, используемом в личных целях, как минимум один раз в год производят замену топливного фильтра, а в транспортных средствах, используемых в коммерческих целях производят замену топливного фильтра не менее двух раз в год. В то же время фильтры широко применяются при эксплуатации вспомогательных агрегатов, обеспечивающих специальные возможности в дорожно-строительной и коммунальной сферах, а также на энергетических установках, работающих на жидком топливе.

По данным статистического справочника «Беларусь в цифрах», представленного Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь, в нашей стране не менее 2 917 114 легковых автомобилей и не менее 457 000 транспортных средств в виде грузовых автомобилей и автобусов. При этом в стране активно эксплуатируется солидный дорожно-строительный и комбайно-тракторный парк на предприятиях строительного, промышленного и сельскохозяйственного назначения.