

В эксплуатации производят систематический контроль сопротивления изоляции тяговых двигателей. Во всех случаях снижения сопротивления ниже установленной нормы производят сушку изоляции. Для этого применяют горячий воздух от стационарных калориферных установок. Разрешается также токовая сушка, которая производится пропусканием электрического тока через обмотки тяговых двигателей от источников напряжением до 110 В, или комбинированная сушка - горячим воздухом и током.

Весьма отрицательно сказываются на состоянии изоляции обмоток большие перепады температуры, которые могут возникать при оттепелях или при постановке локомотивов с охлажденными тяговыми двигателями в отопляемые цехи (участки). В этих случаях сразу после постановки «холодного» локомотива тяговые двигатели продувают холодным воздухом (температура цеха). Такая продувка предупреждает скопление конденсата на поверхности якоря, полюсов, проводах и других деталях и снижает возможность опасного увлажнения изоляции.

В эксплуатации могут иметь место случаи повреждения изоляции тяговых двигателей по причине неправильных действий локомотивных бригад во время буранов, метелей. Поэтому на каждой дороге с учетом условий местности должны разрабатываться инструктивные указания, обуславливающие действия локомотивных бригад в таких случаях.

Точное, инициативное и технически грамотное выполнение правил эксплуатации и обслуживания электрических машин является одним из важнейших факторов в повышении надежности обмоток и тяговых двигателей в целом.

С целью повышения надежности обмоток тяговых двигателей на заводах-изготовителях и ремонтных заводах осуществляют следующие основные мероприятия.

1 Для корпусной изоляции якорных катушек применяют стеклослюдинитовые ленты ЛС1-К-110 и ЛС-ЭП-934. Они обеспечивают повышение электрической и механических характеристик корпусной изоляции.

2 В сердечниках якорей, а также в сердечниках главных полюсов под компенсационную обмотку выполняют выстилку паза из стеклопласта или изофлекса, обеспечивающую защиту корпусной изоляции, уменьшающую механические повреждения. Данная операция повышает сопротивление в изоляции и увеличивает прочность обмотки.

3 Крепление обмоток в лобовых частях якоря производят стеклобандажной лентой взамен стального бандаж. Это обеспечивает снижение случаев размотки бандаж и исключает разрушение якорей и полюсных систем, имеющих место при повреждениях металлического бандаж.

4 В компенсационных обмотках испытывают новую корпусную изоляцию. Эту изоляцию изготавливают из стеклослюдинитовой ленты ЛС1-К-110 вместо микалента ЛФЧ-ББ), причем сушку ее производят в остоу после укладки и крепления катушек пропусканием через обмотку тока.

Список литературы

1 Гордиенко, Е. П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ // Труды Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2020. – С. 75–78.

2 Avdeeva, A. Two-axle bogie vibration damping system with additional damping elements / A. Avdeeva, G. Khromova, D. Radjibaev // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 365.

3 Анализ эксплуатационной надежности тяговых электрических двигателей локомотивов ОА «Узбекистон темир йуллари» / Ш. И. Мамаев [и др.]. // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 138–140.

4 Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л. Г. Сидельников, Д. О. Афанасьев // Недропользование. – 2013. – № 7. – С. 127–137.

УДК 629.451

ПРОТИВОРЕЧИЯ МЕЖДУ ПОВЫШЕНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В ЧАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗОЙ

А. О. МЕЙСТЕР

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), Российская Федерация

Для того, чтобы в пассажирском вагоне обеспечить требуемые параметры микроклимата в тёплый период года, установка кондиционирования воздуха должна обеспечивать холодопроизводительность, как минимум равную общим теплопритокам, а именно:

- теплопритокам от солнечной инсоляции;
- теплопритокам через ограждающие конструкции;
- теплопритокам от пассажиров;
- затратам на снижение энтальпии наружного воздуха до нормативных значений.

При этом теплопритоки от солнечной инсоляции, через ограждающие конструкции и от пассажиров в контексте рассматриваемого вопроса не вызывают интереса, и для анализа будут взяты их максимальные расчётные значения для пассажирского некупейного вагона модели 61-4447. Далее речь пойдёт преимущественно о затратах на снижение энтальпии наружного воздуха до нормативных значений и связанных с этим проблемах.

Холодопроизводительность установки кондиционирования воздуха реализуется путём уменьшения энтальпии объёма приточного воздуха, проходящего через испаритель. Объём приточного воздуха, в свою очередь, состоит из объёмов наружного и рециркуляционного воздуха. Чтобы увеличить холодопроизводительность, нужно или уменьшить температуру приточного воздуха, или нарастить объём, проходящий через испаритель. Увеличение объёма, проходящего через испаритель, влечёт за собой увеличение подачи в том числе и наружного воздуха, доля которого в приточном на данный момент не может составлять менее 30 % (то есть, несмотря на то, что нормы по подаче наружного воздуха на человека выполняются, также нужно соблюдать ещё и его долю в приточном воздухе). Увеличение подачи наружного воздуха при этом влечёт за собой необходимость увеличения холодопроизводительности на его охлаждение, то есть возникает некий замкнутый круг. Очевидно, что эффективней было бы не увеличивать объём, проходящего через испаритель воздуха, а идти по пути уменьшения его температуры, но здесь поджидает второе ограничение в виде температуры приточного воздуха, которая не может составлять менее 16 °С.

Всё дело в том, что на данный момент существует несколько взаимосвязанных требований, затрудняющих обеспечение нормативных требований параметров микроклимата, снижающих энергоэффективность систем обеспечения микроклимата и, соответственно, повышающих нагрузку на установку кондиционирования воздуха при том же конечном результате в плане обеспечения параметров микроклимата:

- доля рециркуляции не более 70 %;
- температура воздуха в 100 мм от выходного отверстия не менее 16 °С.

Если разобрать теплотехнический расчёт вагона модели 61-4447 с населённостью 56 человек, то при расчётном режиме (температура наружного воздуха 40 °С; относительная влажность 30 %) теплопритоки составят:

- теплопритоки от солнечной инсоляции – 7,2 кВт;
- теплопритоки через ограждающие конструкции – 3,0 кВт;
- теплопритоки от пассажиров – 5,6 кВт;
- затраты на снижение энтальпии наружного воздуха, принятого по нормативам ($15 \text{ м}^3 / (\text{ч} \cdot \text{чел.}) \times 56 \text{ чел.} = 840 \text{ м}^3/\text{ч}$) до нормативных значений (температура 24 °С, относительная влажность 45 %) – 7,9 кВт.

В сумме получается 23,7 кВт, т. е. установка кондиционирования воздуха должна реализовать 23,7 кВт холодопроизводительности, чтобы создать расчётные параметры микроклимата.

Теперь проведём расчёт относительно возможности реализации холодопроизводительности установкой кондиционирования воздуха.

Итак, расчётные данные:

- температура наружного воздуха 40 °С; относительная влажность 30 %;
- объём подаваемого наружного воздуха 840 м³/ч;
- объём приточного воздуха ($840 / 0,3 = 2800 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- температура приточного воздуха 16 °С;
- температура рециркуляционного воздуха 24 °С, его относительная влажность 45 %.

При таких расчётных данных реализуемая холодопроизводительность составит всего 15,2 кВт, что окажется явно недостаточно для охлаждения вагона, так как необходимая холодопроизводительность равна 23,7 кВт.

На данный момент, имея нормативные ограничения (доля рециркуляции не более 70 %, температура приточного воздуха не менее 16 °С) существует только один способ реализовать требуемую холодопроизводительность – увеличить подачу приточного воздуха. Но он приводит к тому, что

расчётная и реализуемая холодопроизводительности сравниваются только при подаче приточного воздуха, равного $6100 \text{ м}^3/\text{ч}$, из которых объём наружного воздуха составит $1830 \text{ м}^3/\text{ч}$, а эта холодопроизводительность составит 33 кВт. То есть её перерасход – 9,3 кВт, или 39 %.

Теперь посмотрим, что будет, если пойти другим путём – соблюдём требование по температуре приточного воздуха, но сделаем долю рециркуляции больше 70 %.

В таком случае расчётная и реализуемая холодопроизводительности сравниваются только при подаче приточного воздуха, равного $5650 \text{ м}^3/\text{ч}$, из которых объём наружного воздуха составит $840 \text{ м}^3/\text{ч}$ за счёт того, что количество наружного воздуха останется неизменным, перерасхода холодопроизводительности не произойдёт, но доля рециркуляции при этом составит 85 %.

Если же пойти по пути снижения температуры приточного воздуха, оставив долю рециркуляции 70 %, а объём подаваемого наружного воздуха $840 \text{ м}^3/\text{ч}$ при общем расходе приточного воздуха $2800 \text{ м}^3/\text{ч}$, то, чтобы реализовать 23,7 кВт, будет необходимо снизить температуру приточного воздуха до $11,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Перерасхода холодопроизводительности опять же не произойдёт.

Разумным бы было компромиссное решение изменения нормативных требований в виде увеличения доли рециркуляции до 80 % со снижением температуры приточного воздуха до $14 \text{ }^\circ\text{C}$, в таком случае при сохранении объёма подачи наружного воздуха на уровне $840 \text{ м}^3/\text{ч}$ и общем объёме приточного воздуха $4200 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно было бы реализовать даже чуть больше холодопроизводительности, чем нужно – 24,7 кВт.

Из всего вышесказанного очевидно, что для повышения энергоэффективности, снижения нагрузки на оборудование, а соответственно и повышения его надёжности, в режиме охлаждения необходим пересмотр норм в части доли рециркуляции и минимальной температуры приточного воздуха, подаваемого в вагон.

Оценка возможного негативного влияния на здоровье пассажира при изменении вышеназванных норм выходит за рамки данного анализа, однако стоит отметить, что согласно тем же нормативным документам в системе рециркуляции пассажирских вагонов должен использоваться обеззараживатель воздуха, а подача охлаждённого воздуха непосредственно на пассажира запрещена.

УДК 532.5.01+532.528

КРИТЕРИИ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Д. С. МИЗГИРЕВ, В. Н. ВЛАСОВ, Д. В. ВЛАСОВ

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация*

Под судовыми трубопроводными системами понимают совокупность специализированных трубопроводов с механизмами, аппаратами, приборами и устройствами, предназначенных для перемещения жидкостей, воздуха или газов в целях обеспечения нормальной эксплуатации судна.

Работа судовых систем обеспечивает живучесть судна, то есть безопасность его плавания, необходимые условия обитаемости, сохранность груза, а также выполнение специальных функций, связанных с назначением судна. Вследствие этого к конструкции и работе судовых систем предъявляют определенные критерии. К общим критериям относятся высокая надежность; живучесть, то есть способность системы выполнять свои функции при частичном повреждении или выходе из строя отдельных участков; коррозионная стойкость, компактность и минимальная масса; хорошая защищенность от механических повреждений во время эксплуатации, доступность для осмотра, окраски и ремонта; хороший внешний вид, отвечающий архитектуре помещений, в которых смонтированы системы; высокая степень автоматизации и механизации; экономичность постройки и эксплуатации; обеспечение требований техники безопасности [1].

Перечисленные критерии не учитывают возможного износа, обусловленного процессами кавитации, который приводит к изменению геометрии поверхностей и, как следствие, изменению режимов работы элементов системы.