

УДК 621.643.053

*Кандидаты техн. наук Уланов Н.М.,
Уланов М.Н.*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Ключевые слова: энергоресурсосбережение, тепловые насосы, теплоаккумуляторы с фазовым переходом, электроотопление, природный газ как моторное топливо.

Введение

Неуклонный рост цен на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) выдвигает новые требования к разработке и реализации комплекса мероприятий направленных на эффективное энергоресурсосбережение в различных отраслях экономики, включая железнодорожный транспорт, который является наиболее энергоемким и потребляющим значительные объемы ТЭР. Задача сокращения потребления этих ресурсов на железнодорожном транспорте может быть решена в том числе за счет применения альтернативных источников энергии и инновационных решений в энергоресурсосбережении.

Задание статьи

В настоящей статье рассматриваются следующие возможные направления энергоресурсосбережения на железнодорожном транспорте:

- применение теплонасосных технологий и оборудования в системах теплоснабжения;
- использование электроотопления на ночном тарифе с применением теплоаккумуляторов на фазовом переходе;
- применение природного газа в качестве моторного топлива железнодорожных транспортных средств.

Использование тепловых насосов для целей теплоснабжения различных объектов железнодорожного транспорта
Значительная часть технологического оборудо-

ования железнодорожного транспорта (компрессорные станции, сушильные и покрасочные камеры, моечные машины и т.д.), а также системы теплоснабжения зданий, сооружений и пассажирских вагонов эксплуатируются с невысокими тепловыми коэффициентами полезного действия (кпд). Кроме того, большое количество тепловой энергии рассеивается в окружающую среду с промышленными стоками, в системах оборотного водоснабжения, с вентиляционным воздухом, уходящими газами, сбросным паром и т. п. Все они являются низкопотенциальными источниками теплоты, которую эффективно можно утилизировать при помощи различного типа тепловых насосов, работающих с коэффициентом преобразования энергии (COP) выше единицы.

Помимо высокой энергетической и экономической эффективности, достоинствами теплонасосных установок являются:

- полная автоматизация режимов работы;
- возможность производства теплоты и холода в одной установке;
- высокая надежность и длительный срок эксплуатации, до 25 лет;
- широкий диапазон тепловой мощности и видов используемых низкопотенциальных источников теплоты;
- полная заводская готовность к эксплуатации и современный дизайн оборудования.

Наибольшее распространение на железнодорожном транспорте может получить использование тепловых насосов для целей теплоснабжения зданий и сооружений. В настоящее время имеется ряд положительных примеров применения тепловых насосов в железнодорожном хозяйстве. Так, начиная с 2006 года на станции Залютино (г. Харьков) осуществляется отопление и кондиционирование здания железнодорожного вокзала с использованием теплового насоса (рис.1). Срок окупаемости проекта составил 4 года.

С 2010 года на станции Основа Харьковского железнодорожного узла (СМП-655) для нужд отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования административного здания установлены два водо-водяных тепловых

насоса сумарної теплової потужністю 140 кВт.

Стоимость создания этой теплонасосной системы составила 781,5 тыс. грн. в ценах 2010 года [1].



Рис. 1 - Общий вид здания вокзала с площадкой на которой установлен грунтовый теплообменник и тепловой пункт с тепловым насосом

Другим направлением применения теплонасосных технологий в железнодорожном хозяйстве может стать их использование в вагонных депо пассажирского транспорта для мытья вагонов, сушки постельного белья, спецодежды и т.п. Так, вагонный участок станции Киев-Пассажирский сбрасывает после стирки белья в канализацию до 1000 т в сутки теплой воды. С помощью тепловых насосов, утилизирующих теплоту этой воды можно получить 1–1,5 МВт тепла в виде чистой горячей воды, с температурой +60 – +75 °С, которую можно использовать для стирки постельного белья, при этом сушку этого белья до 50 т/сутки можно осуществлять с помощью тепловых насосов типа «воздух-воздух», потребляющих меньше энергии по

сравнению с другими видами сушилок белья. Схема теплонасосной сушилки постельного белья представлена на рисунке 2.

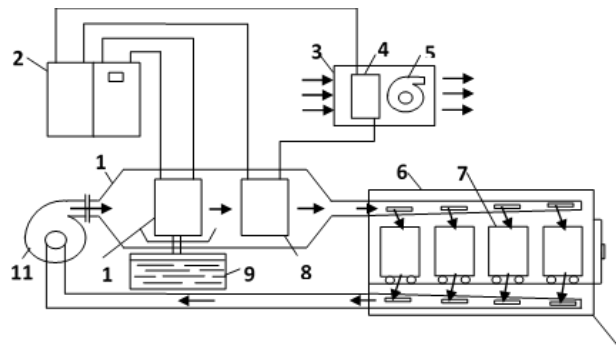


Рис. 2 - Схема теплонасосной сушильной установки для сушки постельного белья:

- 1 - блок тепловлажностной обработки воздуха;
- 2 - тепловой насос; 3 - утилизатор теплоты; 4 - вспомогательный конденсатор;
- 5 - вентилятор воздушной системы отопления;
- 6 - сушильная камера; 7 - стеллажи со спецодеждой; 8 - конденсатор теплового насоса;
- 9 - конденсатосборник; 10 - испаритель теплового насоса; 11 - основной вентилятор

Проведенные исследования показали, что энергозатраты на 1 кг удаляемой влаги могут быть снижены в 2 – 4 раза по сравнению с традиционной конвективной сушилкой. Принцип работы теплонасосной сушильной установки заключается в охлаждении воздуха в испарителе теплового насоса ниже точки росы, при этом влага, отобранная воздухом из осушаемого материала, конденсируется и отводится в конденсатосборник; воздух осушается и перед подачей его в сушильную камеру подогревается в конденсаторе теплового насоса [2].

Индустриальной группой УПЭК (г. Харьков) разработана и прошла промышленное испытание воздушная климатическая система (ВКС), представляющая собой всережимную тепловую машину работающей в летнее время ($t_n = +25 - +50$ °С) как кондиционер, а в зимнее время ($t_n = +7 - -40$ °С), как тепловой насос [3]. Преимущество ВКС по сравнению с фреоновым кондиционером (ФК) и отопительным котлом, при поддержании требуемых параметров микроклимата в пассажирском железнодорожном вагоне, представлены в таблице 1.

Табл. 1 - Сравнение технических и комфортных показателей в пассажирском вагоне обеспечиваемых ВКС, ФК и отопительным котлом

Параметры	ВКС	ФК	ВКС	Котел	ВКС	ФК
	кондиционирование		отопление			
Температура и относительная влажность наружного воздуха, °С / %	40/30		-20/70		0/100	
Холодо (тепло)-производительность, кВт	29.0	26.0	55.0	46.0	21.0	-
Подача охлаждённого воздуха в вагон (13–16 °С – летом, 30–50 °С – зимой), м ³ /час	4000	5000	4000	водяное отопление	2700	-
Расчётная температура воздуха в вагоне, °С	24	-	22	22	24	-
Коэффициент рециркуляции воздуха в вагоне, %	40	85 - 90	50	85 - 90	0	-
Потребляемая мощность, в т.ч. вентиляторов, кВт (не более)	19.0	>18	16.5	50.5	7.0	9.0

На железных дорогах Украины большую часть объемов перевозок приходится на электровозную тягу, бесперебойную работу которой обеспечивают большое количество электрических подстанций. Крупные подстанции должны рассматриваться как приоритетные объекты для реализации комплексных проектов повышения их энергоэффективности. Структура расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций состоит из: обогрева помещений – 41%, электропотребления оборудования – 7%, охлаждения трансформаторов – 30%, освещения – 6%, прочих потребителей – 16%. Отопление здания подстанции и охлаждение трансформатора может осуществляться тепловыми насосами, утилизирующими теплоту масла трансформаторов (рис. 3). В предлагаемой системе отопления предусмотрено использование резервного электрического котла, для гарантированного обогрева здания при температурах окружающего воздуха ниже –30 °С, при этом безопасность работы трансформатора обеспечивается за счет применения следующих устройств: специального теплообменника «масло-этиленгликоль», исключающего смешение сред и вероятность попадания этиленгликоля в бак трансформатора; автоматического затвора, отсекающего возвратное течение масла при остановке маслонасоса [4].

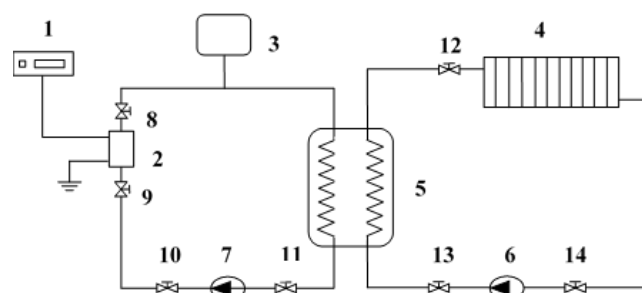


Рис. 3 – Схема отопительной системы с тепловым аккумулятором, работающей с использованием льготного тарифа на электрическую энергию: 1 - пульт управления; 2 - блок электрических нагревателей; 3 - расширительный бак; 4 - теплоизлучающие радиаторы; 5 - теплоаккумулирующая емкость с использованием фазового перехода теплоаккумулирующего материала; 6, 7 - циркуляционные насосы; 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 - запорная арматура (шаровые клапаны)

Применение той или иной системы теплоснабжения различных объектов определяется конкретными условиями объекта, наличием дополнительных электрических мощностей и площадей для размещения оборудования, стоимостью основных видов оборудования – электродвигателей, тепловых насосов, емкостей теплоаккумуляторов, теплоаккумулирующих материалов и т.д. Анализ технико-экономических показателей различных систем теплоснабжения с использованием выше перечисленного оборудова-

ния показывает, что сроки окупаемости таких систем составляют от 4 до 6 лет.

Согласно статистической отчетности в 2013 году железнодорожным транспортом Украины использовано 5885 млн. кВт·ч электроэнергии, 369 тыс. т дизельного топлива, 134 млн. м³ природного газа, 70 тыс. т угля, 2,8 тыс. т топочного мазута, 9,1 тыс. т бензина, 17,4 тыс. т масел и смазок. Основная доля расходов энергоресурсов (75%) приходится на тягу поездов, при этом рост объемов перевозок электровозной тягой увеличился на 34%, а расход электроэнергии увеличивается только на 11%, при сокращении перевозок тепловозной тягой на 26,5% расход дизельного топлива уменьшается на 32%. В дальнейшем преимущество электротяги будет увеличиваться при повышении КПД электровозов и дефицитности дизельного топлива, а также росте его стоимости, которая не сопоставима со стоимостью электрической энергии [6].

Снижение потребления дизельного топлива железнодорожной энергетикой и транспортными средствами

Эффективными направлениями снижения объемов потребления дизельного топлива в железнодорожной отрасли могут быть:

- использование энергоемких накопителей тепловой энергии или тепловых насосов для обогрева тягового подвижного состава при его отстое;
- применение современных энергоресурсосберегающих технологий в нетяговой сфере: стационарной теплоэнергетике, отоплении пассажирских вагонов, на хозяйственных работах, при работе вспомогательного транспорта и оборудования (тракторов, бульдозеров, рефрижераторных поездов и т.д.);
- замещение в автономных транспортных средствах дизельного топлива газодизельным, сжатым и/или сжиженным природным газом, биотопливом;
- повышение эффективности прогрева маневровых тепловозов в зимнее время за счет введения в выпускную систему дизеля теплового аккумулятора энергии выхлопных газов, с подключением к нему циркуляционной

системы для обеспечения прогрева систем силовой установки локомотива.

При использовании природного газа в качестве моторного топлива железнодорожных транспортных средств акцент должен быть сделан, в первую очередь, на магистральные тепловозы, потребляющие до 90% дизельного топлива, расходуемого на тягу поездов. Полное замещение дизельного топлива газом на отдельно взятом тепловозе возможно только при работе его дизеля на чисто газовом цикле. Перевод на газомоторное топливо маневровых тепловозов, при прочих равных условиях, особенно целесообразен при их работе в зоне крупных станций больших населенных пунктов, где в полной мере могут реализоваться экологические преимущества газомоторного топлива (Киев, Харьков, Днепр, Львов и другие города). Имеется ряд примеров перевода двигателей тепловозов производства фирмы Моррисон-Киудсен (США) на чисто газовые циклы, которые успешно работают с 1994 года [7], а также маневровых тепловозов типа ТЭМ18Г на газодизельный цикл, работающих в локомотивном депо станции Ховрино, Октябрьской железной дороги ОАО «РЖД», и ТГК-2 в холдинговой компании «Фактор-Капитал» г. Коростень, Украина [8]. Следует отметить, что перевод тепловозов на природный газ, при всех экономических и экологических преимуществах, технически более сложная задача, чем для автотранспорта. Это гораздо более капиталоемкий и долговременный процесс, порождающий новые задачи эксплуатационного характера: по техническому обслуживанию, обеспечению заправок, организации ремонта, обеспечению безопасности газотепловозов и другие.

Применение систем утилизации теплоты выхлопных газов для прогрева силовых установок маневровых тепловозов ТЭМ-2 и ЧМЭ-3 позволяет повысить эффективность прогрева тепловозов за счет 40 % сокращения времени работы дизеля на холостом ходу от общего времени работы тепловоза, что приводит к снижению эксплуатационного расхода топлива на 7 % и моторного масла на 1% [9].

Выводы

Анализируя энергетические и экологические последствия внедрения на предприятиях железнодорожного транспорта Украины рассмотренных в статье энергоресурсосберегающих технологий, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольший экономический эффект, со снижением эксплуатационных затрат в 2 – 3 раза, может быть получен от внедрения теплонасосных технологий, как для целей теплохладоснабжения различных зданий и сооружений, пассажирских вагонов, так и в различных технологических процессах при сушке разнообразных материалов, в системах оборотного водоснабжения, в процессах выпарки, дистилляции и разделения смесей. Необходимое для этих целей теплонасосное и другое оборудование серийно выпускается в промышленно развитых странах, что обеспечивает возможность широкого распространения этих систем в железнодорожной отрасли.

2. В тех случаях, когда по технико-экономическим показателям не представляется возможным использовать тепловые насосы, предлагается для теплохладоснабжения различных потребителей применять электродкотлы или холодильные машины с теплоаккумуляторами, которые используют различные технологии аккумулирования теплоты и холода и работают в ночное время по относительно дешевому тарифу на электрическую энергию.

3. Несмотря на рост электротяги в железнодорожных перевозках, доля использования тепловозов остается значительной и вопросы снижения расхода ими постоянно дорожающего дизельного топлива и перевода их силовых установок на природный газ представляются актуальными. Имеется ряд примеров успешного перевода силовых установок тепловозов на режимы работы с использованием газодизельных или чисто газовых циклов.

4. Широкое внедрение и использование предлагаемых направлений энергоресурсосбережения будет способствовать снижению эксплуатационных затрат в железнодорожной отрасли и снижению техногенного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду.

Литература

1. Остапчук В.Н., Залозных В.А., Подопривога А.И. Энергосбережение - современный путь развития железнодорожного транс-

порта. / Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. - 2012. - №12. - С. 22 – 28.

2. Красник В.Г., Уланов Н.М. Перспективы использования теплонасосных технологий в угольной промышленности Украины. / Уголь Украины. - 2015. - № 1-2. - С. 44-49.

3. Сайт компании «Индустриальная группа УПЕК» [Электр. ресурс] // Режим доступа к ресурсу: www.upes.ua.

4. Рябин Т.В., Давыдов Е.Ю., Париков Н.А. Возможности снижения расхода энергии на собственные нужды подстанций. / Энергосбережение. - 2016. - №6. С. 36 – 42.

5. Уланов Н.М. Теплохладоснабжение объектов бюджетной сферы электрическими системами с теплоаккумуляторами на фазовом переходе. / Тепловые насосы. - 2011. - №3. - С. 25 – 30.

6. Программа энергосбережения на железнодорожном транспорте Украины [Электр. ресурс] // Режим доступа к ресурсу: <http://magistral-z.com.ua/articles/energozberigajuchij-shljah-rozvitku.html>.

7. Информационный бюллетень №1 (12) сентябрь 2003 г. Национальной газомоторной ассоциации РФ (НГА РФ)

8. Тепловоз маневровый. Патент Украины на промышленный образец №24174.

9. Чертыковцева Н.В. Разработка системы прогрева тепловозного дизеля на основе вторичных энергоносителей. / Вестник РГУПС. – 2008. - №2. – С. 35 – 42.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Уланов Микола Маранович,
провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України, к.т.н.
Вул. Булаховського 2, м. Київ, Україна, 03164.

Тел. +38 044 424 96 42.

E-mail: e3therm@gmail.com.

Уланов Михайло Миколайович,
старший науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України, к.т.н.
Вул. Булаховського 2, м. Київ, Україна, 03164.

Тел. +38 044 424 96 42.

E-mail: e3therm@gmail.com.