

**РОМАНОВА Елизавета Николаевна**

студентка, Российский университет транспорта (МИИТ), Россия, г. Москва

*Научный руководитель – профессор кафедры теплоэнергетики транспорта  
Российского университета транспорта (МИИТ), доктор технических наук*

*Ковалев Андрей Александрович*

## **ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА**

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные теплонасосные системы теплохладоснабжения объектов Московского метрополитена.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения станций метро, особенности и компоненты системы теплоснабжения, принципы работы системы теплоснабжения, энергосберегающие технологии и контроль температуры, предпосылки для использования теплонасосных систем.

### **Введение**

Обзор систем теплоснабжения станций метро представляет собой важную тему, так как эффективное функционирование систем отопления и горячего водоснабжения является неотъемлемой частью обеспечения комфортных условий для пассажиров и персонала на станциях метро. В каждой станции метро используются специфические системы теплоснабжения, разработанные с учетом особенностей архитектуры, топографии и климатических условий определенного метрополитена. Основными компонентами системы теплоснабжения станций метро могут быть:

1. Котельные установки: обеспечивают подачу тепла в систему отопления и горячего водоснабжения. В качестве топлива могут использоваться газ, уголь, мазут или другие виды топлива.

2. Тепловые сети: трубопроводы, по которым тепло передается от источника тепла к потребителям на станции метро.

3. Радиаторы и конвекторы: обогревательные устройства, устанавливаемые в зонах ожидания, вестибюлях и других помещениях станции метро для обеспечения комфортной температуры воздуха.

4. Тепловые насосы и оборудование для поддержания оптимальной температуры.

Важным аспектом системы теплоснабжения станции метро является также контроль и регулирование температуры воздуха в помещениях, что обеспечивает комфорт для пассажиров и сотрудников метрополитена.

### **Описание принципов работы систем теплоснабжения**

Принцип работы системы теплоснабжения на станциях метро основан на передаче тепла от источника к потребителям с целью обеспечения комфортных условий на станции. Основные принципы работы систем теплоснабжения можно описать следующим образом.

**Источник тепла:** Обычно в качестве источника тепла на станциях метро используются котельные установки, которые генерируют тепло, используя различные виды топлива, такие как газ, уголь, мазут и другие.

**Передача тепла:** Тепло, сгенерированное в котельной, передается по тепловым сетям, состоящим из изолированных трубопроводов, к радиаторам, конвекторам и другим потребителям тепла на станции метро.

**Регулирование температуры:** Системы теплоснабжения обычно имеют системы автоматического контроля и регулирования температуры, которые поддерживают заданный уровень комфортной температуры в помещениях.

**Энергосбережение:** Современные системы теплоснабжения на станциях метро все чаще внедряют энергосберегающие технологии, такие как использование тепловых насосов, систем рекуперации тепла и т. д., для оптимизации энергопотребления и снижения затрат.

**Техническое обслуживание:** Оперативное техническое обслуживание и регулярная проверка состояния системы теплоснабжения необходимы для обеспечения непрерывной работы и безопасности системы. В целом,

основной принцип работы системы теплоснабжения станции метро заключается в эффективной передаче тепла от источника к потребителям с соблюдением необходимых стандартов, обеспечивая тем самым комфортные условия для пассажиров и персонала метрополитена.

### Предпосылки для использования теплонасосных систем на объектах Московского метрополитена

Численные эксперименты по прогнозу теплового поведения подземных объектов Московского метрополитена показывают, что при многолетней эксплуатации, имеющих сегодня место пассажиропотоках и применяемых

технологиях вентиляции метрополитена обеспечение в тоннелях и на станциях нормативных параметров микроклимата физически невозможно (рис. 1). Как показывают расчеты, многолетняя эксплуатация Московского метрополитена при сохранении неизменными существующие технологии вентиляции на временном горизонте 30 лет в жаркое время года приведет к ненормативному увеличению температур внутреннего воздуха в тоннелях до 42 °С к 10-му году эксплуатации и до 47 °С к 30-му году эксплуатации, а на станциях – до 34 и 42 °С соответственно.

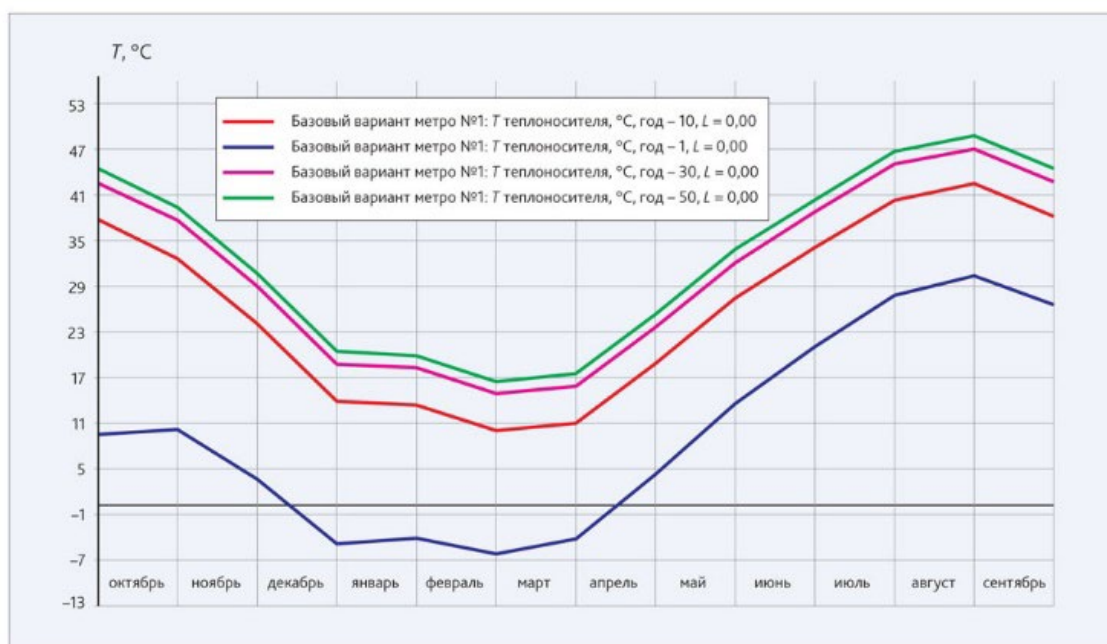


Рис. 1

Прогноз изменения температуры внутреннего воздуха на станциях метрополитена при сохранении применяемых технологий вентиляции и условия обеспечения нормативного воздухообмена

### Вывод

Проведенные исследования подтвердили актуальность проблемы повышения энергетической эффективности для Московского метрополитена, для которого сегодня с особой остротой встает вопрос снижения «перегрева» тоннелей и пассажирских пространств в летнее время года. Дисбаланс теплового режима метрополитена приводит к негативному влиянию на тепловой режим тоннелей и станций и накапливающемуся со временем «тепловому загрязнению» грунтовых массивов, окружающих тоннели и объекты метрополитена, которое, в свою очередь, приводит к снижению

теплопотерь в грунт и «перегреву» внутреннего воздуха на станциях.

Анализ публикаций и мирового опыта повышения энергоэффективности метрополитена показывает, что наиболее эффективным решением этих проблем является применение в метро систем теплоснабжения на базе тепловых насосов, утилизирующих в зимнее время избыточное, поступающее сегодня на улицу, тепло вентиляционных выбросов, а в летнее время года реверсируемых в режим охлаждения тоннелей и станционных пространств. Применение тепловых насосов позволит фактически в климатических условиях Москвы создать станции с «нулевым» потреблением тепловой энергии от внешних источников теплоснабжения и полностью отказаться от подключения станций метро к сетям централизованного теплоснабжения и связанных с этим затрат и проблем. Учитывая, что строительство

новых линий и объектов метрополитена выходит за МКАД, проблема автономности объектов метро от сетей централизованного

теплоснабжения становится чрезвычайно актуальной для города Москвы.

**Эксплуатационные показатели теплонасосного оборудования ТНП станции «Саларьево» при температуре теплоносителя на входе в систему отопления 60 °С**

№	Наименование параметра	Величина
1	Измеренная теплопроизводительность теплонасосных установок, кВт	122
2	Измеренная потребляемая электрическая мощность теплонасосных установок, кВт	47,9
3	Холодопроизводительность теплонасосных установок, кВт	74,1
4	Коэффициент преобразования энергии теплонасосных установок, единиц	2,6
5	Интегральный коэффициент преобразования энергии теплонасосных установок с учетом выработки тепла и холода, единиц	4,2

Рис. 2

Анализ опубликованных результатов измерений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в московском метро показал, что в 2008–2009 годах они в 14–15 % случаев не отвечали требованиям санитарных правил, а в 2010 г. доля подобных случаев выросла почти в два раза. По-видимому, этот рост связан с неблагоприятными климатическими условиями в Москве (лето 2010 года).

Результаты проанализированных исследований показывают, что снижение скорости поезда ведет к уменьшению его кинетической энергии и энергии, выделяющейся при торможении, что, в свою очередь, способствует снижению температуры в тоннеле и вагонах поезда. Снижение скорости поезда с 17,5 до 12 м/с (приблизительно 31% сокращение) уменьшает температуру в тоннеле и вагонах приблизительно на 2 °С. В часы пик для высокой плотности движения поездов снижение скорости представляется проблематичным, тогда как во внепиковое время этот прием можно было бы использовать.

Важным направлением исследований во всем мире является поиск эффективных способов охлаждения тоннелей и станций метрополитена, среди которых наиболее эффективным

является применение тепловых насосов. Частным случаем подобной системы охлаждения является ее дополнение охлаждением воздуха в тоннеле с помощью «пассивного» холода грунтовых вод.

### Литература

1. Васильев Г.П., Горнов В.Ф., Колесова М.В. и др. Технико-экономические аспекты применения теплонасосного оборудования на объектах метрополитена // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 6. – С. 16-20.
2. Vasilyev G.P., Peskov N.V., Gornov V.F. et al. The influence of subway's underground facilities operation on the natural thermal conditions of adjacent soil // Appl. Mech. Mat. – 2014. – Т. 664. – С. 250-253.
3. Васильев Г.П., Тимофеев Н.А. Энергетический потенциал вентиляционных выбросов жилых зданий в Москве // АВОК. – 2010. – № 1. – С. 24-32.
4. Васильев Г.П. Градостроительная политика Москвы в области энергосбережения Инженерные системы // АВОК Северо-Запад. – 2014. – № 2. – С. 32-33.

**ROMANOVA Elizaveta Nikolaevna**

student, Russian University of Transport (MIIT), Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Professor of the Department of Thermal Power Engineering of Transport  
of the Russian University of Transport (MIIT), Doctor of Technical Sciences*

*Kovalev Andrey Alexandrovich*

## **HEAT PUMP SYSTEMS FOR HEAT AND COOLING SUPPLY OF MOSCOW METRO FACILITIES**

**Abstract.** *The article discusses the main heat pump systems for heat and cooling supply of Moscow metro facilities.*

**Keywords:** *heat supply system of metro stations, features and components of the heat supply system, principles of operation of the heat supply system, energy-saving technologies and temperature control, prerequisites for the use of heat pump systems.*