УДК 628.81

# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОБОГРЕВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

**[1]Шелехов И.Ю., [1]Шишелова Т.И., [2]Смирнов Е.И.**

*[1]ГОУ ВПО Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск, e-mail: promteplo@yandex.ru;*

*[2]ООО «Термостат», Иркутск*

В статье рассматривается вопрос защиты городского электротранспорта от тепловых потерь в условиях осеннего, зимнего и весеннего сезонов для северных регионов нашей страны. Представлены натурные исследования систем отопления городского электротранспорта. Показана зависимость технических характеристик систем отопления от конструктивных особенностей, в том числе нагревательного элемента. Представлен разработанный нагревательный элемент, использующий резервные мощности в диапазоне напряжений от 3,7 до 660 В. Предлагаемая система отопления с полупроводниковыми нагревательными элементами по результатам натурных исследований является не только экономичной, но и создающей оптимально комфортные условия для людей. Показано, что достигнутые технические характеристики воздушно-теплового потока, необходимого для надежной защиты подвижного транспорта от проникновения холодного воздуха, являются оптимальными. Параметры энергопотребления также являются оптимальными, что предотвращает перерасход электроэнергии. Все это доказывает необходимость вести дальнейшие работы по созданию и модернизации систем обогрева электротранспорта.

**Ключевые слова: воздушно-тепловой поток, электроотопительный прибор, полупроводниковый нагреватель, электротранспорт**

# ENERGY SAVING HEATING SYSTEM OF MUNICIPAL ELECTRIC TRANSPORT

**[1]Shelehov I.Y., [1]Shishelova T.I., [2]Smirnov E.I.**

*[1]Irkutsk state technical university, Irkutsk, e-mail: promteplo@yandex.ru;*

*[2]JSC Termostat, Irkutsk*

The article deals with the protection of the municipal electric heat losses in the fall, winter and spring seasons for the northern regions of the country. Field research presented municipal electric heating. The dependence of the technical characteristics of heating on the design features, including a heating element. The developed heating element using spare capacity in the voltage range from 3,7 to 660 V. The proposed heating system with semiconductor heating elements on the results of field research is not only economical, but also creates optimal comfort for people. It is shown that the achieved specifications air heat flux necessary to provide reliable protection against the penetration of the mobile transport of cold air are optimal. The power consumption is also optimal to prevent overrun of electricity. This shows the need to conduct further work on the development and modernization of electric heating systems.

**Keywords: air heat flux, electric heaters, semiconductor heater, electric transport**

Вопрос сохранения тепловой энергии в помещениях с переменным тепловым режимом, таких как магазины, общественные и административные здания, стоит очень остро, особенно для северных регионов нашей страны с их большим перепадом температур и сильными ветровыми нагрузками, в том числе для г. Иркутска. Обычно проблема решается с помощью установки воздушно-тепловой завесы, которая рассчитывается по укрупненным показателям. В процессе эксплуатации в таких завесах можно скорректировать величину выделяемой мощности, а в некоторых моделях и скорость воздушного потока [3]. Но встречаются помещения с особо сложными условиями эксплуатации. К таким помещениям со сложными переменными климатическими условиями относятся салоны городского транспорта.

Наиболее актуальна проблема защиты от тепловых потерь для городского электротранспорта в условиях осеннего, зимнего и весеннего сезонов. Это обусловлено не только тем, что помещение постоянно перемещается, но и климатическими особенностями нашего региона, где в период с октября по март диапазон температур в среднем может колебаться от + 7 до –20°С. Поэтому каждый год перед руководством МУП «Иркутскгорэлектротранс» стоит задача, как сделать пребывание пассажиров в салонах троллейбусов и трамваев комфортнее. В настоящее время парк подвижного состава МУП «Иркутскгорэлектротранс» составляет 72 ед. троллейбусов (износ 30%) и 58 ед. трамваев (износ 88%).

Надо отметить, что специалистами Трамвайного депо МУП «Иркутскгорэлектротранс» на подвижном составе трамвайного парка ведутся работы по установке классических воздушно-тепловых завес для предотвращения попадания холодного воздуха в салон трамвая. Но использование стандартных нагревательных элементов в тепловых завесах, а также применение

в качестве коммутационной аппаратуры обычных реле и температурных датчиков делает систему энергоемкой [1].

Намного хуже обстоит ситуация с отоплением троллейбусов, где нет возможности установить тепловую завесу из-за расположенной над дверями системы привода открывания-закрывания дверей. Обогрев салонов осуществляется установленными под сиденьями тепловыми пушками, эффективность которых при внешних температурах от –20 до –35 °С составляет всего 10–15 %, так как при открытых дверях в салоне за 10–15 секунд происходит полный воздухообмен [2].

При замене парка трамваев на новые модели так же остро встанет проблема установки тепловой завесы, так как приводы управления дверями располагаются, как и у троллейбусов, над дверью внутри салона.

Данные показывают, что совокупная номинальная потребляемая мощность электроэнергии, затрачиваемая на обогрев одного салона трамвая, составляет в среднем 30 кВт, троллейбуса – 20 кВт.

Целью проведенной нами работы была разработка эффективной энергосберегающей системы жизнеобеспечения подвижного состава электротранспорта г. Иркутска. По мнению проектных автотранспортных организаций, к которым обращались руководители МУП «Иркутскгорэлектротранс», применение классических решений для данной задачи, особенно при температурах ниже –20 °С, является невозможным. В основном это обусловлено тем, что нет возможности установить отопительный прибор или тепловую завесу из-за расположенной над дверями системы привода открывания-закрывания дверей [5]. Если более детально рассмотреть сложившуюся проблему и по-другому ее сформулировать, то при имеющихся нагревательных элементах и вентиляторах невозможно разработать такую конструкцию отопительного прибора, которая вписывалась бы в конструкцию электротранспортного средства.

Если проблему с воздухоподачей возможно решить путем применения малогабаритных центробежных вентиляторов и системы воздуховодов, то классические нагревательные элементы с необходимой удельной мощностью и нужных габаритов не выпускаются. Действительно, сложно изготовить по классическим технологиям нагревательный элемент с малой площадью теплопередачи на высокое напряжение и с большой площадью теплопередачи на низкое напряжение, так как в салоне троллейбуса используются два напряжения: 550 и 24 В. Кроме этого, сложно без применения электронных коммутирующих устройств обеспечить изменение выделяемой мощности при эксплуатации данных приборов в зависимости от внешних метеоусловий.

Решить поставленную задачу можно только с применением полупроводниковых нагревательных элементов, разработанных в ИрГТУ. Используя данную технологию, можно не только изготовить нагревательный элемент на любое напряжение в диапазоне от 3,7 до 660 В на требуемую площадь теплопередачи, но и обеспечить эффект саморегуляции. Основой для изготовления полупроводникового нагревательного элемента является суспензия мелкодисперсного порошка борида никеля ($Ni_3B$) и стекла в органическом связующем. Для обеспечения эффекта саморегуляции дисперсность порошка уменьшается до 0,1 мкм, для этого суспензия дополнительно обрабатывается в планетарной мельнице с электронным таймером. Кроме этого, греющий слой формируется с добавками материалов, обладающих сегнетоэлектрическими свойствами в диапазоне 100 °С [4].

Была разработана новая конструкция воздушно-тепловой завесы для помещений с переменными климатическими условиями (салонов городского электротранспорта). После проведения лабораторных испытаний, давших положительный результат, экспериментальный образец был смонтирован в салоне троллейбуса. Проведены эксперименты в реальных условиях. Ветровая нагрузка осуществлялась вентилятором с регулируемой скоростью, максимальная скорость воздушного потока составляла 16 м/с. Испытания показали, что для данной конструкции воздушно-тепловой завесы проникновение внешних холодных воздушных потоков при средней скорости 8 м/с отсутствует. При скорости 12 м/с потоки воздуха проникают только в нижнюю часть салона, скорость проникновения 0,1 м/с, а усредненное значение по всей поверхности двери стремится к нулю. При средней скорости внешних потоков воздуха 16 м/с усредненное значение скорости проникновения по всей поверхности двери составляло 1,5 м/с.

На рис. 1 показан график распространения в салон транспорта температурного поля от классической тепловой завесы. На графике виден «хвост», который меняет свой размер и направление в зависимости от направления, скорости и температуры ветровой нагрузки. Положительные результаты были получены при суммарной мощности тепловых завес 15 кВт.

На рис. 2 показан график распространения температурного поля с разработанны-

ми нами тепловыми завесами. Из графика видно, что температурный «хвост» полностью отсутствует, холодные потоки воздуха не поступают в салон. При данной конструкции мощность отопительной системы салона 9 кВт, при этом теплоощущения по всему салону, включая пол, распределялись равномерно и находились на уровне «комфортно», что не было достигнуто ни при каких системах обогрева.

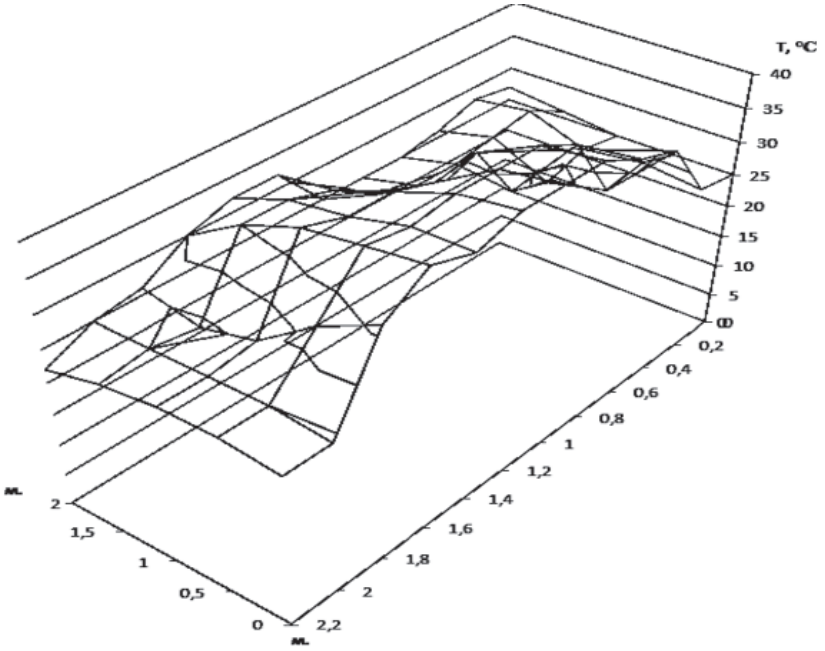


*Рис. 1. График распространения температурного поля от классической тепловой завесы*

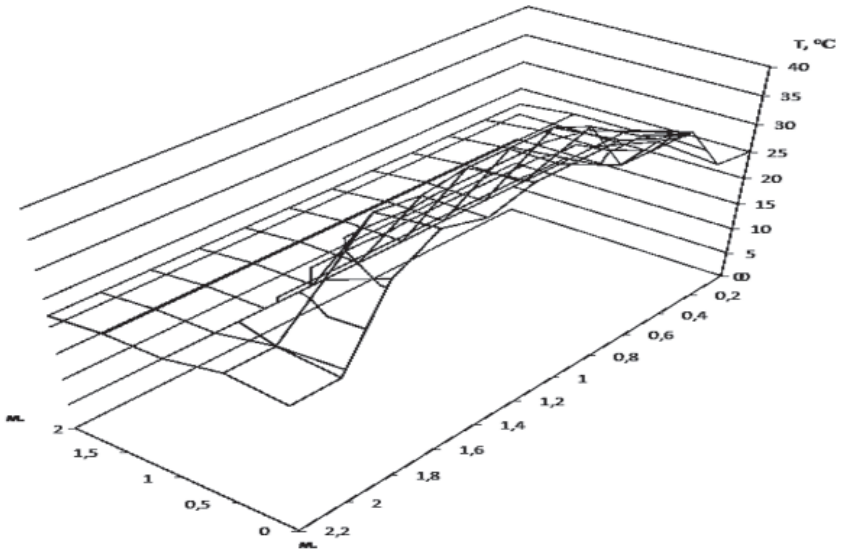


*Рис. 2. График распространения температурного поля от разработанной тепловой завесы*

В результате разработки данной конструкции тепловой завесы достигаются оптимальные технические характеристики воздушно-теплового потока, необходимого для надежной защиты подвижного транспорта от проникновения холодного воздуха. При этом параметры энергопотребления также являются оптимальными, что предотвращает перерасход электроэнергии. Данные результаты дают основания полагать, что салон электротранспортного средства с новой конструкцией воздушно-тепловой завесы будет надежно защищен от тепловых потерь в холодный период времени.

## Список литературы

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов : справ. пособие / А. С. Клюев [и др.]. – 3-е изд., стер. – М.: Альянс, 2008. – 464 с.

2. Фаликов В.С. Энергосбережение в системах тепловодоснабжения зданий. – М.: ГУП ВИМИ, 2001. – 164 с.

3. Шелехов И.Ю., Шишелова Т.И. Разработка отопительного оборудования и исследования его эффективности в системах жизнеобеспечения // Вестник ИрГТУ. – 2007. – Т. 1, № 1(29). – С. 104–109.

4. Шелехов И.Ю., Дрянов О.А. Новая конструкция нагревательного элемента // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. – Сайт. – URL: www.science-education.ru/101-5389 (дата обращения: 05.02.2012).

5. Экономика, организация и планирование городского электротранспорта: учеб. пособие для техникумов по специальности 1611 «Эксплуатация, ремонт и энергоснабжение гор. электр. транспорта» / под ред. А.И. Файнберга. – 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: Стройиздат, 1977. – 230 с.

## References

1. Klyuev A.S. Designing systems of automation of technological processes. The grant. Ampere-second. Klyuyev [etc.]. no. 3, has erased. Moscow, 2008. pp. 464.

2. Falikov V.S. Energosberezhenie in systems heat of water supply buildings. Moscow. State Unitary Enterprise VIMI, 2001. pp. 164.

3. Shelekhov I.Y., SHishelova T.I.development of the heating equipment and research of its efficiency in life-support systems, Bulletin ISTU, 2007. T. 1, 1 (29). pp, 104–109.

4. Shelekhov I.Y., Dryanov O.A.new a design of a heating element // Modern problems of a science and formation. 2012 no. 1. A site. – URL: www.science-education.ru/101-5389 < http://www.science-education.ru/101-5389 > (date of the reference: 2/5/2012).

5. Economy, the organization and planning of city electrotransport: studies. The grant for technical schools on a speciality 1611 «Operation, repair and power supply of mountains Transport» / A.I. Fajnberga. Moscow. Stroyizdat. 1977. pp. 230.

Рецензенты:

Кульков В.Н., д.т.н., профессор, декан факультета послевузовского обучения ИрГТУ, ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск;

Чупин В.Р., д.т.н., профессор, директор Института архитектуры и строительства ИрГТУ, ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск.

Работа поступила в редакцию 16.05.2013.