Модернизация сигнальных огней и внутреннего освещения вагонов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения)

Е.Х. АЛЛАШ, Д.С. ВАРГА, Л.Г. НОВАКОВСКИЙ [1]

ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ», ООО «РЕМИК-2», Москва

Аннотация

Показана необходимость модернизации сигнальных огней, используемых на эксплуатируемом подвижном составе метрополитена, и осветительных приборов для внутреннего освещения вагонов, включая кабину машиниста. Приведены конкретные технические решения, разработанные ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ» и применённые в вагонах Московского метрополитена разных серий.

Ключевые слова: метрополитен, метровагон, источник света, светодиод, светораспределение, сила света, диммирование, технический эффект, экономический эффект, модернизация.

Анализ эксплуатационного состояния светосигнальных и световых приборов, используемых для освещения метровагонов и кабины машиниста в так называемых номерных вагонах показал, что существует ряд проблем обусловленных особенностями их использования и эксплуатации.

[1] E-mail: pharos-alef@yandex.ru

Рис. 1. Вагоны разных лет: серий «А» (а), «Е» (б), «81–717.5М» (в) и «81–717.5» (г)

Модернизация габаритных огней

Как показывает анализ вагонов разных лет (рис. 1), конструкция габаритных фонарей (огней) СМ-4 практически не менялась более 50 лет.

Видимо, простота этой конструкции (рис. 2, *а*), содержащей корпус, отражатель, красный светофильтр, выполняющий также роль защитного стекла, и источник света, в качестве которого используется специальная ЛН (мощность 15 Вт, напряжение питания 120 В), установленная в соответствующий патрон, и стремление к унификации её обслуживания в метрополитене, обеспечила применяемость фонарей СМ-4 в разных вагонах в течение 80 лет. При этом основные элементы светооптической схемы – лампа с патроном – изначально были предназначены для применений в конструкциях, уже давно снятых с производства, что вызывало трудности организационного порядка при их обслуживании и ремонте. Кроме того, как видно из рис. 2, *б*, сигнал габаритного фонаря кажется яркой красной «точкой» на практически чёрном фоне, что, очевидно, из-за малых угловых размеров, плохо читается на большом расстоянии и, как следствие, приводит к повышенному утомлению машиниста, и без того работающего в напряжённом режиме. Все проблемы исчезают, если использовать современный фонарь со светодиодами с практически равноярким, комфортным

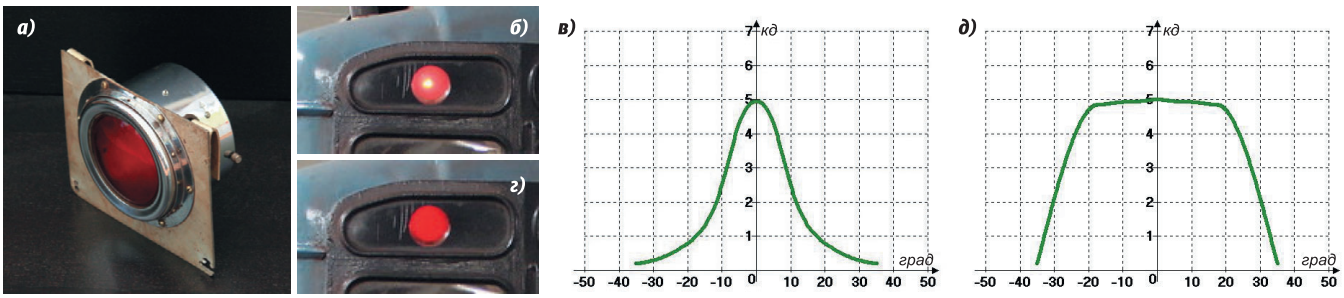


Рис. 2. Габаритный фонарь: а – внешний вид фонаря; б – внешний вид фонаря традиционной конструкции в рабочем состоянии; в – КСС габаритного фонаря традиционной конструкции; г – внешний вид габаритного фонаря со светодиодами в рабочем состоянии; д – КСС габаритного фонаря со светодиодами

для восприятия, светораспределением (рис. 2, *г*). При этом фонарь выполнен с тем же корпусом, а следовательно, имеет тот же внешний вид (рис. 2, *а*). Соответствующие распределения силы света фонарей приведены на рис. 2, *в* и 2, *д*.

При этом, кроме решения основной задачи – повышение комфортности восприятия, обеспечивается снижение потребляемой мощности до 4 Вт (трёхкратное).

Этот же приём было бы целесообразно использовать в конструкциях фонарей и следующих серий вагонов (рис. 3).

Рис. 3. Вагоны последних серий: а – «81–720» («Яуза»); б – «81–717.6»; в – «81–740» («Русич»); г – «81–760»

Модернизация светильников для освещения кабины машиниста и аппаратных отсеков

В отличие от габаритных фонарей эволюция светильников для освещения кабины машиниста (СКМ) прошла в два этапа: с ЛН и с ЛЛ. Причём оба типа конструкций сейчас используются в разных вагонах.

В номерных вагонах используется СКМ СМ-6 с той же ЛН, что и в габаритном фонаре. При этом место его установки выбрано не очень удачно (рис. 4, *а*), поскольку при включении на лобовом стекле вагона в поле зрения машиниста появляется изображение (блик) (рис. 4, *б-в*), мешающий восприятию дорожной обстановки. Подобный блик возникает и на лобовом стекле (рис. 4, *г*).

В последних сериях вагонов используется светильник ФПВ-03–11Вт/75ДС-1-Д, с ЛЛ, основные недостатки которого – относительно большие габариты, малый срок службы, чувствительность к вибрационной нагрузке, световая пульсация, необходимость особых условий утилизации.

Общий существенный недостаток традиционно используемых СКМ – невозможность регулировать световой поток (уровень освещения) под зрительный аппарат машиниста.

Исключить эти недостатки можно изменением конструкции СКМ с использованием в качестве источника света светодиодов, расположенных по торцам рассеивателя, (рис. 4, *д-е*) и изменением положения СКМ относительно лобового стекла, машиниста и щитка приборов (рис. 4, *ж*).

Такой СКМ малогабаритен, 200×200×10 мм, особенно по высоте, что позволяет легко его встраивать в любой интерьер, и маломощен, потребляет не более 5 Вт.

Для освещения аппаратных отсеков в вагонах, находящихся в эксплуатации, используется светильник с той же ЛН мощностью 15 Вт. Взамен него был предложен светильник со светодиодами (рис. 5), обеспечивающий при потребляемой мощности 6 Вт (в 5 раз меньшей) и световом потоке 750 лм надёжное рассеянное освещение всех аппаратных отсеков.

Модернизация освещения салонов вагонов всех серий – это, наряду с головным освещением (фарами) [1], наиболее интересная и важная часть проекта модернизации освещения подвижного состава [2].

Интересная потому, что осветительные приборы салона, естественно, модернизируются в такт с совершенствованием источников света. За период существования отечественного метрополитена это уже

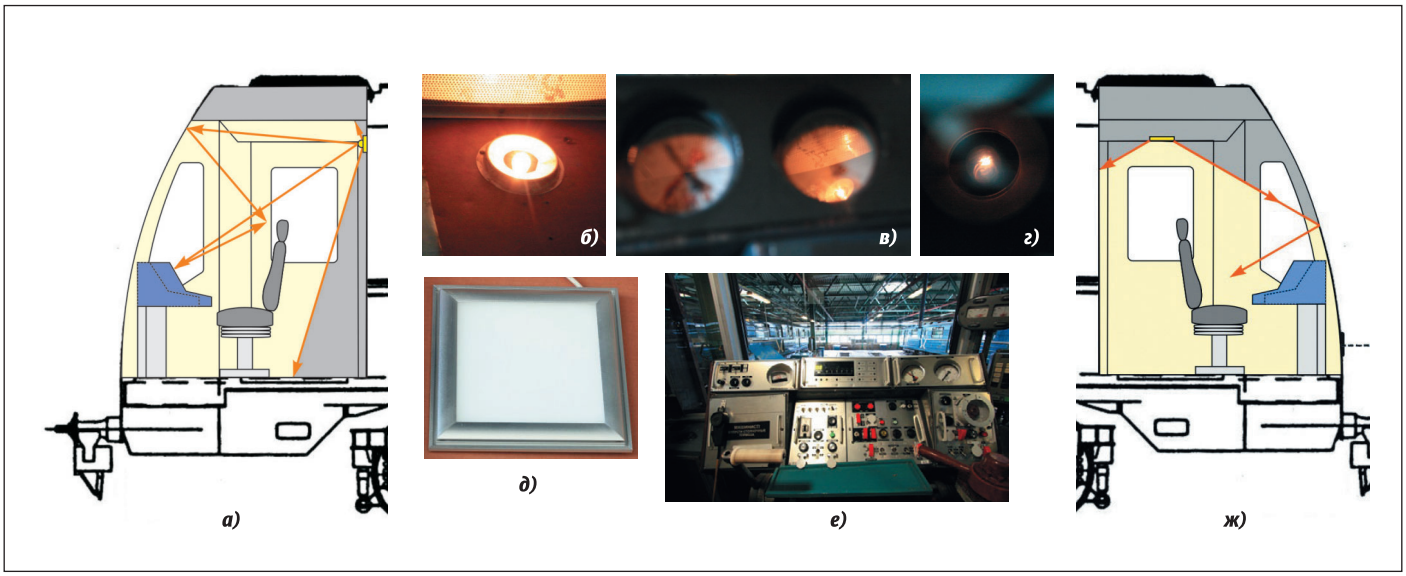


Рис. 4. Внешний вид и расположение светильников двух исполнений для кабины машиниста традиционного и светодиодного исполнений: а – расположение светильника традиционного исполнения; б – внешний вид светильника традиционного исполнения; в-изображение блика от светильника традиционного исполнения на щитке приборов; г – изображение блика от светильника традиционного исполнения на лобовом стекле; д – внешний вид светильника со светодиодами; е – лобовое стекло и изображение щитка приборов при включённом светильнике со светодиодами; ж – расположение светильника со светодиодами

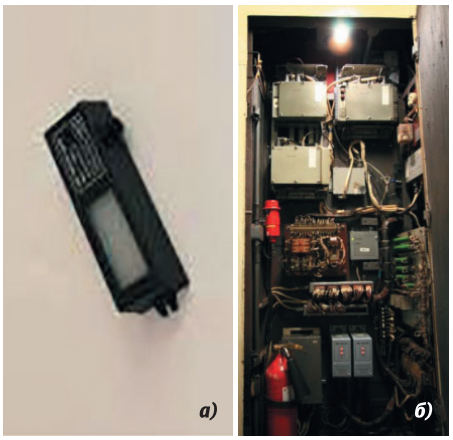


Рис. 5. Внешний вид светильника для аппаратного отсека (а) и вид этого отсека при включённом светильнике (б)

Рис. 6. Внутреннее освещение вагонов разных серий: а – «А»; б – «Е»; в – «81–717»; г – «81–720» («Яуза»); д – «81–740» («Русич»); е – «81–760»

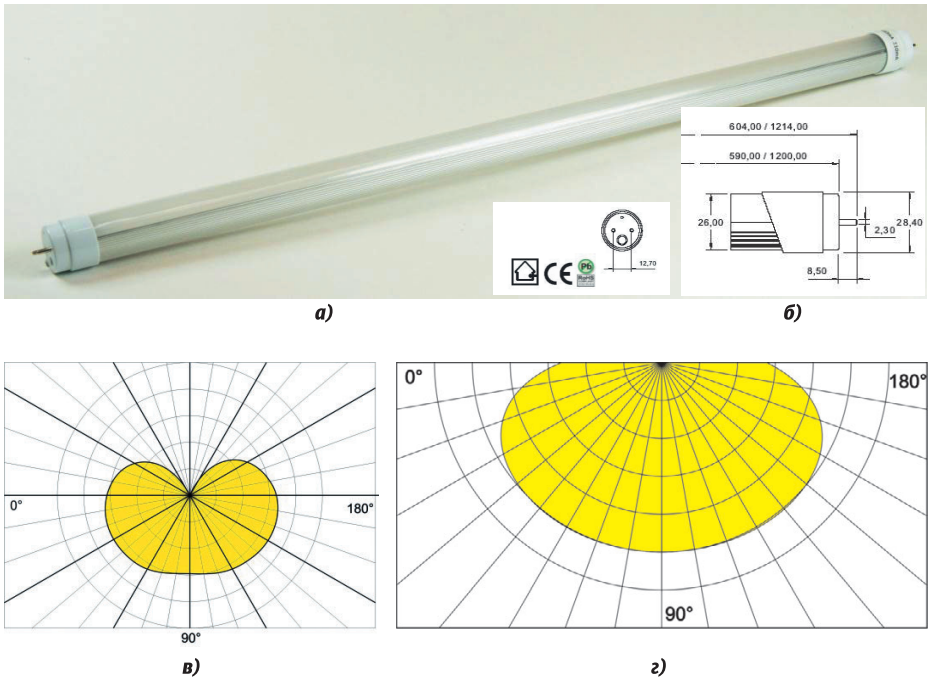


Рис. 7. Внешний вид используемой при модернизации внутреннего освещения лампы: а – лампа; б – ламповый патрон; в – КСС в поперечной плоскости традиционной ЛЛ; г – то же предлагаемой светодиодной лампы

третий принципиально новый этап их модернизации. Первый был вызван необходимостью снижения слепящей блёскости от ламп накаливания, установленных в открытых рассеивателях. Последние были заменены на закрытые матовые, обеспечивающие рассеянное излучение. При этом возросла, естественно, потребляемая мощность источника света: с 15 Вт в вагонах серий «А» и «Д» до 36 Вт в вагонах серии «Е» и с 750 до 1800 Вт, соответственно, для системы в целом. В свою очередь возросшая потребляемая мощность заставила искать пути её снижения, что стало возможно за счёт использования ЛЛ – второй этап модернизации (рис. 6). В результате удалось снизить не только потребляемую мощность, с 1800 до 1120 Вт, на один вагон, но и эксплуатационные расходы, из-за большего срока службы ЛЛ, чем у ЛН. Однако переход с ЛН на ЛЛ требует использования довольно дорогих и часто отказывающих автоматических приборов пуска (АПП). В итоге экономический эффект от подобных мероприятий оказывается либо отсутствующим, либо малозначимым.

Возникает вопрос: можно ли добиться реального улучшения, модернизируя внутреннее освещение вагона? Сегодня ответ очевиден – можно, используя освещение светодиодами. Однако, если в данном случае использовать протяжённые светодиодные источники света с питающим напряжением 220 В, как в подавляющем большинстве случаев, издержки на замену АПП сохранятся, а, учитывая высокую стоимость таких источников, результирующий экономический эффект оказывается эфемерным из-за значительных сроков окупаемости.

В основу предлагаемой нами модернизации заложено использование специально спроектированной [1] светодиодной лампы (рис. 7).

Существенным отличием этой лампы от ей подобных является рабочее напряжение встроенного ПРА, равное 80 В, что обеспечивает исключение из традиционной схемы включения ЛЛ с питающим напряжением 220 В (рис. 8) преобразователей АПП.

Распределение освещённости от этих ламп при собственном световом потоке 2400 лм в вагоне на разных уровнях от пола: 0, 600 и 1650 мм, согласно рис. 9, из которого видно, что достигнутые уровни и равномерность освещения обеспечивают комфортную световую среду при меньшей потребляемой мощности.

При этом достигаются не только улучшение светотехнических характеристик и снижение потребляемой мощности, но и сокращение эксплуатационных издержек за счёт повышения срока службы и отказа от использования преобразователей (рис. 8).

Для подтверждения предполагаемого эффекта такими лампами в но-

Таблица

	Осветительный прибор	Мощность традиционно используемых осветительных приборов, Вт		Мощность предлагаемых осветительных приборов, Вт	
		головной вагон	состав	головной вагон	состав
1	Фара	70×6 =420	420	80×2=160	160
2	Фонарь габаритный	60	60	16,0	16
3	Светильник для освещения кабины машиниста	15	15	5	5
4	Светильник для освещения аппаратных отсеков	30	-	6	-
5	Лампа *Т 8* (1200 мм)	40×28=1120	6720	24×28=672	4032
	Итого:	1615	8335	753	4785

ябре 2013 г. был полностью (28 шт.) оснащён вагон серии «81–717» в депо «Печатники». На момент написания статьи пробег этого вагона составил более 250 тыс. км, и в процессе него ни одного отказа не было зафиксировано, а экономический эффект от использования новых ламп составил 20370 руб. Так что, несмотря на высокую цену светодиодных ламп, установившееся мнение «*хорошие осветительные приборы со светодиодами дороги, и поэтому их широкое использование на транспорте неэффективно и преждевременно*» – ошибочно.

Воплощением другого, широко бытующего представления о том, что экономический эффект может быть получен прямой заменой традиционных осветительных приборов относительно дешёвыми со светодиодами, может служить принятая к эксплуатации в номерных вагонах «световая линия» (рис. 10), призванная заменить традиционные светильники с ЛЛ. Однако такой подход не только не даёт экономического эффекта – он вреден из-за:

- обычно высокой коррелированной цветовой температуры, свидетельствующей [3] о вредности таких устройств для зрительного аппарата наблюдателя, в данном случае пассажиров;
- наличия в поле зрения дискретных ярких источников света, что недопустимо [3] из-за высокого зрительного дискомфорта и, соответственно, повышенной утомляемости;
- использования «мелкоструктурного» рассеивателя, формирующего на выходе осветительного прибора множество вторичных источни-

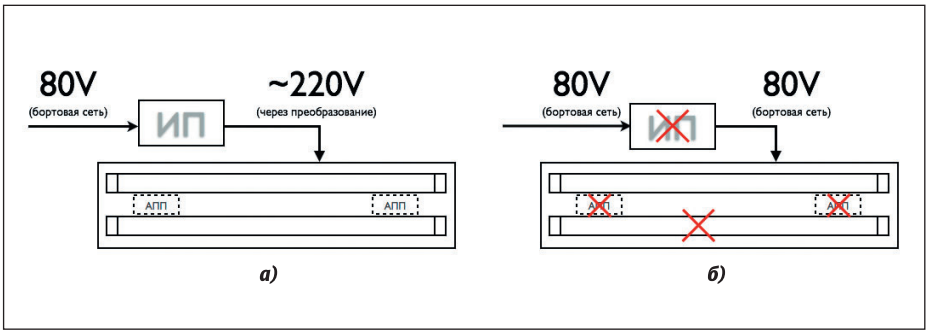


Рис. 8. Схемы подключения ЛЛ (а) и предлагаемых светодиодных ламп (б) к бортовой сети

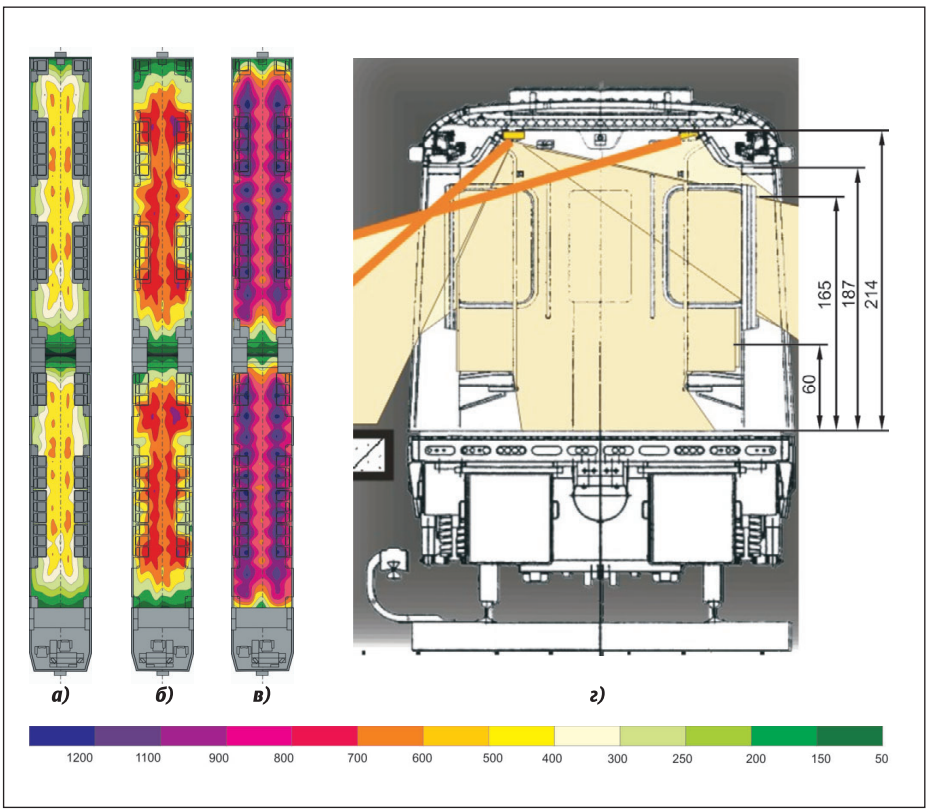


Рис. 9. Распределение освещённости в вагоне на разных расстояниях от пола: а – на полу; б – 600 мм; в –1650 мм; г – сечение вагона вертикально проецирующей плоскостью

Рис. 10. Световая линия номерного вагона

ков слепящей блёскости, что недопустимо из-за высокого зрительного дискомфорта.

Говоря об эффекте от использования предлагаемых приборов следует особо остановиться на эффекте чисто техническом – общем снижении потребляемой мощности. Сравнивая соответствующие значения потребляемой мощности для традиционно используемых и предлагаемых осветительных приборов (таблица), 8335–4785=3550 (Вт), нетрудно убедиться в преимуществе последних, а это, в свою очередь, позволит обеспечить нормальную работу климатических установок вагона, которым, как правило, не хватает электроэнергии.

В заключение следует отметить, что все приведённые в статье осветительные приборы прошли полный комплекс заводских и ходовых испытаний, по результатам которых они рекомендованы к использованию в вагонах Московского метрополитена

Выводы

1. Модернизация осветительных приборов подвижного состава является своевременным процессом улучшения их технико-экономических и эргономических показателей.

2. Модернизация указанных осветительных приборов позволяет существенно повысить их энергоэффективность при соответственно меньшей потребляемой мощности.

3. Использование для освещения, сигнализации и информирования осветительных приборов со светодиодами с напряжением питания 80 В позволяет, несмотря на их значительную стоимость, обеспечить существенный экономический эффект при сравнительно быстрой окупаемости.

4. При модернизации ПРА и светорегуляторов для осветительных приборов со светодиодами авторы предлагают соблюдать следующее:

- построение светорегуляторов должно исключать применение дополнительных преобразователей входного напряжения;
- должен обеспечиваться широкий диапазон изменения входного напряжения;
- должно обеспечиваться поддержание стабильного тока управления светодиодными модулями во всём диапазоне входного напряжения;
- конструкция светодиодного модуля должна быть рассчитана на минимально возможное значение тока во входной цепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

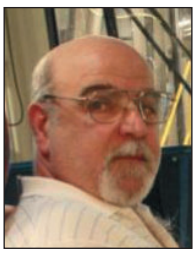
1. *Аллаш Е.Х., Варга Д.С., Новаковский Л.Г.* Модернизация световых приборов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения). – Светотехника.– 2013.– № 4. – С. 56–63.

2. *Новаковский Л.Г.* Освещение подвижного состава – ключевая задача формирования световой среды метрополитена // Светотехника.– 2011.– № 4. – С. 8–14, 16–21.

3. СП32–105 2004 «Метрополитены. Свод правил по проектированию и строительству».

Аллаш Евгений Христофорович,
инженер-системотехник. Окончил в 1977 г. МИЭМ. Директор ООО «РЕМИК-2»

Варга Дмитрий Сергеевич,
инженер-электрик. Окончил в 2009 г. МАДИ. Инженер-испытатель ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ»



Новаковский Леонид Григорьевич,
кандидат техн. наук. Окончил в 1969 г. МАМИ. Директор ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ»

Создан инновационно-технологический кластер энергосбережения в ЖКХ и промышленности Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Ведущие предприятия Санкт-Петербурга в сфере ресурсосбережения и энергоэффективности объединили свои усилия по формированию в Санкт-Петербурге инновационно-технологического кластера энергосбережения в ЖКХ и промышленности. Флагманом создания Кластера стало ОАО «Позитрон», среди первых участников – ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника», СП ЗАО «АМИРА», ОАО «Единый информационно-расчётный центр Ленинградской области», СПб ГБУ «Центр Энергосбережения», «Центр энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области», ЗАО «Термотроник» и др.

Миссия Кластера – содействие проведению реформы ЖКХ Санкт-Петербурга за счёт активного внедрения ресурсосберегающих технологий. Основные задачи, которые будет решать Кластер – развитие рынка энергосервисных услуг и сокращение энергопотребления в сфере ЖКХ и промышленности, развитие отечественного производства энергосберегающей продукции.

Участники Кластера представляют на рынке Санкт-Петербурга и Ленинградской области комплексные решения в сфере энергоэффективности, экономия в результате внедрения которых может составить **до 40% средств**, идущих на оплату потребляемых энергоресурсов.

Осознавая социальную ответственность и потенциальные возможности по эффективному использованию энергетических ресурсов, участники Кластера выступают с инициативой комплексной реализации программ энергосберегающих мероприятий для каждого объекта недвижимости и, в первую очередь, для жилых помещений и промышленных объектов.

«Участники кластера делают ставку на развитие новой формы взаимодействия с сектором ЖКХ и промышленности – энергосервисных контрактов, которые в текущей экономической ситуации являются самой выгодной, а иногда и единственно возможной для потребителя схемой работы, не требующей первоначальных вложений», – говорит Алексей Мохнаткин, генеральный директор ГК «Светлана-Оптоэлектроника».

Поддержку работе Кластера будут оказывать Центр кластерного развития, Центр импортозамещения, Комитет по энергетике и инженерному обеспечению, Жилищный комитет.

Дополнительная информация:
+ 7 812 374 99 90, +7 911 031 59 90,
pr@soptel.ru – Анна Авраменко, пресс-служба ГК «Светлана-Оптоэлектроника»