

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ШКОЛ

В. С. Воронин, эксперт проекта ПРООН/ГЭФ «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения»; **А. Е. Ивлев**, эксперт проекта ПРООН/ГЭФ «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения»; **О. Ю. Малафеев**, ассистент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного технического университета

Ключевые слова: модернизация, энергосбережение, школы, светодиодные светильники, качество электроэнергии

При замене устаревших осветительных приборов на энергоэкономичные источники света достигается решение задачи энергосбережения объекта в целом. Однако для школ проблема качества освещения не менее важна, чем повышение энергоэффективности, поскольку это напрямую влияет на здоровье и успеваемость детей. Представляем результаты модернизации систем внутреннего освещения некоторых школ, расположенных в г. Химки Московской области. Проект выполнен с учетом действующих требований санитарных правил и норм и последних рекомендаций Роспотребнадзора.



В 2015 году завершена реализация демонстрационного проекта «Энергоэффективная модернизация систем внутреннего освещения школ городского округа "Химки" Московской области» (см. справку). В рамках проекта была выполнена модернизация систем освещения семи школ, включающая:

- полную замену низкоэффективных светильников на светодиодные в учебных классах, кабинетах, коридорах, вспомогательных помещениях;
- установку автоматической системы управления освещением в учебных классах;
- модернизацию светильников освещения классных досок;
- установку светодиодного освещения в спортивных залах.

Характеристика систем освещения до модернизации

Освещение классных комнат и коридоров в исследуемых семи школах было выполнено низкоэффективными светильниками с люминесцентными лампами с люминофором на основе галофосфата кальция (с номинальной световой отдачей ламп около 65 лм/Вт, индексом цветопередачи менее 70), укомплектованными низкоэффективными электромагнитными ПРА. В ходе визуального осмотра светильников выявлено их неудовлетворительное техническое состояние: имелись повреждения рассеивателей, шумы в дросселях, снижение светопропускающих и светоотражающих свойств оптических элементов осветительных приборов, вызванное их длительным использованием.

В спортивных залах использовались как люминесцентные светильники, так и светильники с газоразрядными лампами высокого давления (преимущественно ДРЛ). В одной из школ для целей рабочего освещения применялись лампы НЛВД.

Автоматическое управление освещением в исследуемых школах отсутствовало.

Перед модернизацией освещения во всех помещениях школ были проведены замеры уровня освещенности и пульсации светового потока. Исследования показали невыполнение установленных норм по пульсации практически повсеместно. Уровень освещенности в школах был близок к минимальным требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Средняя удельная мощность освещения в классах составляла 7 Вт/м²/100 лк.

Энергоэффективная модернизация систем внутреннего освещения школ в г. Химки выполнялась в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения» совместно с администрацией городского округа «Химки» Московской области. Целью модернизации являлись:

- внедрение инновационных технологий, связанных с использованием энергосберегающих и светотехнических технологий;
- доведение освещенности до оптимального уровня согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» (далее – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03);
- доведение качественных характеристик света до норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» (далее – СП 52.13330.2011);
- демонстрация возможности выполнения модернизации освещения с учетом положений постановления Правительства РФ № 898¹ с обеспечением при этом требуемых гигиенических норм освещенности.

Использование светильников с низкими энергетическими и световыми характеристиками приводило к завышенному потреблению электроэнергии, а также способствовало более быстрой утомляемости преподавателей и учащихся.

Подбор осветительного оборудования

Светильники выбирались с учетом требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Также были учтены рекомендации Роспотребнадзора при использовании в системах общего освещения образовательных учреждениях светильников со светодиодами [1], а именно:

- условный защитный угол светильников должен быть не менее 90°;
- габаритная яркость светильников не должна превышать 5 000 кд/м²;

¹ Постановление Правительства РФ от 28 августа 2015 года № 898 «О внесении изменений в пункт 7 Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд».



- допустимая неравномерность яркости выходного отверстия светильников $L_{\max}:L_{\min}$ должна составлять не более 5:1;
- цветовая коррелированная температура ($T_{\text{кц}}$) светодиодов белого света не должна превышать 4 000 К.

В целях снижения стоимости проекта модернизация предполагала замену светильников по схеме 1:1. Поэтому, как показали результаты компьютерного моделирования, чтобы достичь оптимальных значений освещенности в классных комнатах, требовались светодиодные светильники со световым потоком не менее 3 500 лк. Для создания автоматической системы управления драйверы светильников должны были быть оснащены встроенным модулем управления.

На этапе проектирования мы столкнулись с проблемой выбора подходящих светильников для учебных классов.

Выяснилось, что, несмотря на большое количество светодиодной продукции, только ее малая часть удовлетворяет всем вышеизложенным рекомендациям и при этом имеет доступную стоимость. Так, большинство из предложенных поставщиками светильников были выполнены с призматическими рассеивателями. При этом информация о значении неравномерности яркости в паспортах светильников отсутствовала. Кроме того, многие производители используют светодиоды с $T_{\text{кц}}$ более 4 000 К.

Кроме того, проведенная в 2015 году независимая оценка качества светотехнической продукции [2] показала, что на российском рынке осветительных приборов высока доля светодиодных светильников, имеющих отклонение фактических значений параметров от значений, заявленных в паспортных данных. В связи с этим, для дополнительной верификации характеристик светильников, у предполагаемых поставщиков запрашивались протоколы измерений, выполненных в специализированных аккредитованных лабораториях. Данная процедура позволила отсеять неподходящую светотехническую продукцию и выбрать светильники с наилучшими характеристиками.

В итоге для освещения учебных классов были выбраны светильники компании «ЛидерЛайт» с матовым рассеивателем, обеспечивающим равномерное распределение яркости по световому отверстию, и $T_{\text{кц}} = 4 000$ К. Для освещения спортивных залов были подобраны светодиодные прожекторы той же фирмы серии INDUSTRY.2-090-236.

Проведение модернизации

В ходе модернизации систем освещения суммарно по всем школам было установлено около 3 000 светодиодных светильников. Для повышения эффективности управления

Таблица Технические и экономические показатели проекта

Наименование школы	Мощность системы освещения, кВт		Высвобождаемая мощность,		Экономия электроэнергии,	
	до реконструкции	после реконструкции	кВт	%	кВт•ч/год	тыс. руб.*
МБОУ СОШ № 2	50,99	18,64	32,35	63,40	49 269,17	270,98
МБОУ СОШ № 8	10,53	4,02	6,51	61,80	9 953,41	54,74
МБОУ Лицей № 11	19,57	6,93	12,64	64,60	19 202,10	105,61
МБОУ Лицей № 12	65,01	24,13	40,88	62,90	62 335,89	342,85
МБОУ СОШ № 22	30,12	11,19	18,93	62,90	28 869,55	158,78
МБОУ Гимназия № 4	47,79	17,56	30,23	63,30	46 056,60	253,31
МБОУ Лицей № 7	49,32	19,81	29,51	59,90	45 344,71	249,40
Итого:	273,33	102,28	171,04	62,60	261 031,43	1 435,67

* При тарифе 5,5 руб./кВт•ч

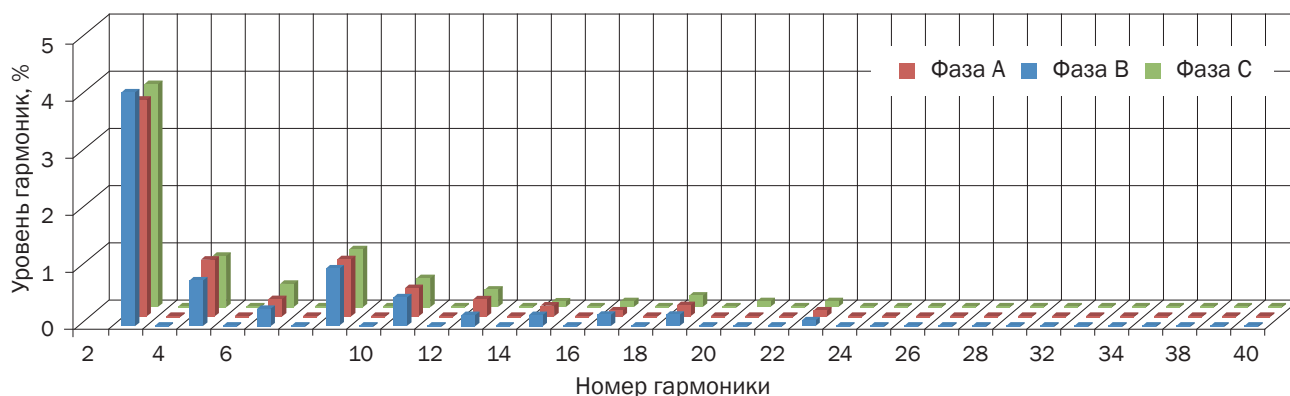


Рис. Коэффициенты гармонических составляющих фазных напряжений

освещением в учебных классах установлены датчики освещенности с плавным регулированием светового потока светильников в зависимости от уровня естественной освещенности (интерфейс управления 1–10 В).

Проведенный мониторинг параметров систем освещения показал, что модернизация освещения позволила довести значения освещенности до оптимального уровня и улучшить качество освещения помещений. Уровень пульсации светового потока в учебных классах составил около 5%. Технические и экономические показатели проекта приведены в табл. Средняя удельная мощность освещения в классах снизилась на 74,3% и составила 1,8 Вт/м²/100 лк.

В целом использование светодиодного освещения позволило не только обеспечить экономию электроэнергии, но и (за счет снижения уровня пульсаций освещенности и применения светильников с равномерным распределением яркости по световому отверстию и высоким коэффициентом цветопередачи) создать комфортную обстановку, способствующую снижению утомляемости преподавателей и учащихся. Гигиенические преимущества качественного светодиодного освещения над люминесцентным изложены в [3–5].

Показатели качества электрической энергии

Для определения влияния светодиодных светильников на показатели качества электрической энергии были выполнены соответствующие измерения. Они проводились анализатором качества электрической энергии MI 2792 A на вводах зданий школ. Результаты измерений коэффициентов гармонических составляющих фазных напряжений для одной из исследуемых школ приведены на рис.

На основании выполненных измерений были проведены расчеты суммарных коэффициентов гармонических

составляющих фазных напряжений. Результаты расчета показали их соответствие нормам ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

По результатам выполненного проекта можно отметить, что использование светодиодного освещения позволяет не только обеспечить экономию электроэнергии, но и значительно улучшить качественные характеристики освещения.

Литература

1. «О применении светодиодных ламп в образовательных учреждениях». Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве. URL: 77.rosпотребнадzor.ru/index.php/component/content/article/76-question/1823-voprosotvet.
2. Шаракшанэ А. С. Отчет о выполнении проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции» // Светотехника. 2016. № 1.
3. Текшева Л. М. Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света в школах // Светотехника. 2012. № 5.
4. Гизингер О. А. Сравнительный анализ влияния светодиодных источников освещения на психофизиологический статус и адаптационные возможности волонтеров // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
5. Текшева Л. М., Звезда И. В. Методические подходы к гигиенической оценке общего искусственного освещения учебных помещений с различными источниками света на основании ответной реакции сердечно-сосудистой системы школьников // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 1. ■