

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и
систем
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Реконструкция сетей магистрального наружного освещения улицы
Революционная г. Тольятти

Студент

Р.Ф. Ахтямов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ состояния сетей магистрального освещения улицы Революционной	8
1.1 Действующая сеть магистрального освещения улицы Революционной .	8
1.2 Управление магистральным освещением.....	17
1.3 Требования и рекомендации ПУЭ в сетях наружного освещения.....	22
1.4 Выводы по разделу 1.....	26
2 Разработка технических мероприятий по повышению надежности систем магистрального освещения на основе платформы Unilight.....	27
2.1 Платформа Unilight. Автоматизированная система управления наружным освещением	30
2.2 Светильник RoadFlair от Philips.....	32
2.3 Контроллер управления освещением.....	35
2.4 Программное обеспечение	40
2.5 Интерактивная карта.....	42
2.6 Модули индивидуального управления светильником	45
2.7 Шкаф управления наружным освещением.....	52
2. 8 Выводы по разделу 2.....	56
3 Оценка экономической эффективности мероприятий по совершенствованию существующих сетей	57
3.1 Применение интеллектуальной системы управления наружным освещением и светодиодных светильников	57
3.2 Модернизация существующей системы наружного освещения города Орла	60

3.3 Модернизация существующей системы наружного освещения города Нур-Султан, Казахстан.....	60
3.4 Модернизация существующей системы наружного освещения города Пскова.....	61
3.5 Примеры интеллектуальных световых решений в европейских городах и США	64
3.6 Оценка экономической эффективности внедрения интеллектуальной системы освещения в г.о. Тольятти.....	65
3.7 Выводы по разделу 3.....	68
Заключение	70
Список используемых источников.....	73

Введение

Наружное освещение имеет большое значение в жизни современного города, в его благоустройстве, архитектуре.

«Городское наружное освещение рассчитывается и регулируется в зависимости от категории дороги (автомагистрали, районные дороги и т.д.) и интенсивности движения в единицу времени (в час). Обычно при проектировании систем уличного освещения они обеспечивают определенный технологический резерв в зависимости от мощности ламп - 10% - 15%. Эти факторы в действительности часто приводят к чрезмерному освещению улиц и дорог, что приводит к прямым потерям электроэнергии. Это особенно касается ночного освещения, поскольку интенсивность движения значительно ниже» [22]. Поэтому Российская Федерация приняла СНиП № 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение». Эти правила позволяют снизить уровень яркости в ночное время до 50% (режим энергосбережения). Однако продолжительность энергосберегающего режима освещения регулируется в зависимости от интенсивности движения. Технологически контроль уровня освещения осуществляется путем диммирования осветительных приборов (регулировка уровня яркости лампы) с использованием электронных устройств, которые встроены в лампы различных типов (например, ДНаТ, безэлектродные лампы, светодиодные лампы и плазменные лампы).

Подход к разработке системы управления наружным освещением с функцией диммирования предусматривает реализацию системы связи для целенаправленной отправки команд управления от автоматических источников питания к осветительным приборам. Это позволяет выполнять индивидуальную или групповую настройку уровня яркости ламп, вводя энергосберегающие режимы с затемненной яркостью. Основным критерием переключения режимов освещения является расписание, которое

программируется на каждый день календарного года. Датчики яркости также можно использовать для регулировки времени включения / выключения.

Для повышения уровня комфорта в режиме энергосбережения могут быть введены дополнительные градации яркости. Переключение между указанными градациями яркости является программируемым. Интервал времени переключения предварительно рассчитывается на основе анализа уровня интенсивности трафика.

В связи с текущими экономическими условиями объем первоначальных источников финансирования работ ограничен; следовательно, целесообразно увеличить финансирование на основе существующего потенциала энергосбережения на основе технико-экономического механизма погашения целевого финансирования. Схема погашения целевого финансирования (финансирования) предусматривает выделение начального бюджетного финансирования для частичного выполнения энергоэффективных работ. Предлагается выделить средства из сбережений в целевой фонд погашения. Дальнейшее финансирование работ будет осуществляться за счет сберегательных активов целевого фонда погашения.

Сейчас для наружного освещения в городах применяют энергоэффективные светильники с герметичными отражателями с натриевыми газоразрядными лампами типа ДНаТ. Часто на дорогах (автомагистрали, автострады) применяют рефлекторное освещение с отражающей поверхностью внутри светильника, позволяющие создавать мощные потоки направленного света.

Мощные фонари, мощность которых от 250 Вт до 400 Вт, устанавливают на автострадах. Для освещения дорог с низкой интенсивностью движения транспорта служат менее мощные, от 70 Вт до 250 Вт.

Для тротуаров, парков достаточно рассеянного освещения с мощностью ламп от 40 Вт до 125 Вт. Плафоны у них различной формы:

шарообразные, цилиндрические. Для улиц – направленные светильники типа ЖКУ и т.д.

Лампы в этих светильниках в основном газоразрядные. Именно газоразрядные лампы считаются наиболее энергоэффективными и выгодными экономически. Их минус: мерцание и шум пускорегулирующих балластов. Срок службы ламп ДНаТ достигает 15000 часов. Цвет от жёлтого (противотуманный эффект) до белого.

Достоинства ламп ДНаТ, применяемых для уличного освещения: любое рабочее положение (вертикально, горизонтально).

Для выхода на рабочий режим требуется около 10-15 минут. На светильнике требуется защитное стекло (рассеиватель). Необходим и зажигающий блок с балластом. Устанавливают и токовые предохранители. Неисправности из-за скачков напряжения избегаются применением пускорегулирующей аппаратуры.

Недостаток ламп ДНаТ – затрудненный пуск при низких температурах, наличие сплава и ртути. Поэтому их нельзя признать экологически безопасными.

В последние годы перспективными оказываются светодиодные светильники. Меняя химические элементы, покрывающие кристалл светодиода можно менять спектр излучаемого света. Утилизация светодиодных отходов происходит по стандартам утилизации ТБО (IV класс опасности, малоопасный). Срок службы светодиодов, по заявлениям производителей, от 30 до 100 тысяч часов.

LED-светильники для освещения улиц, дорог работают сегодня в Соединённых Штатах Америки, повсюду в КНР, в Европе. В частности, компания CiscoSystems предлагает сделать «умной» всю систему городского освещения. Как показано в отчете Cisco, на освещение городов сейчас приходится 19% всей электроэнергии, расходуемой в мире. При этом освещение улиц городов в большинстве случаев устроено по технологиям 60-х годов прошлого века. Переход на LED (светодиодное) освещение в 12

городах показал, что можно снизить потребление энергии на 50-70%. CiscoSystems заявляет, что внедрение интеллектуальной системы управления LED освещением может снизить потребление энергии еще на 10%. Причем интеллектуальная система поможет не только снизить затраты на электроэнергию, но и сделать города безопаснее для ночных пешеходов и водителей.

Цель данной работы - повышение качества освещения улиц и энергоэффективности за счет энергосберегающих систем освещения.

Задачи:

- анализ состояния сетей магистрального освещения улицы Революционной;
- разработка технических мероприятий по повышению надежности систем магистрального освещения на основе платформы Unilight;
- оценка экономической эффективности мероприятий по совершенствованию существующих сетей магистрального освещения улицы Революционной.

1 Анализ состояния сетей магистрального освещения улицы Революционной

«В нашей стране до повсеместного распространения систем умного уличного освещения пока еще далеко. Больше половины уличных фонарей являются устаревшими и требуют замены. При этом не редкость случаи чрезмерной расточительности – иногда фонари горят даже днем. Доля устаревшего оборудования (светильники, опоры, кабели) в России составляет более 60 процентов. Большая часть дорог в регионах имеет освещенность в два-три раза ниже нормы, при этом в некоторых местах до сих пор используют неэффективные лампы накаливания и ртутные лампы» [2].

1.1 Действующая сеть магистрального освещения улицы Революционной

В Автозаводском районе города Тольятти по улице Революционной установлены светильники ЖКУ-250 (рисунок 1) с лампами ДНаТ-250 (рисунок 2) высокого давления, установленных на опорах контактной сети Муниципального предприятия городского округа Тольятти «Тольяттинское троллейбусное управление».



Рисунок 1 – Светильник уличный ЖКУ-250 под лампы ДНаТ

Светильник консольный ЖКУ 06-250-001.

Освещение улиц и дорог с высокой, средней и слабой интенсивностью движения транспорта, а также автостоянок, площадей, освещение парков, коттеджных поселков, железнодорожных платформ и станций, мостов, территорий дворов, школ. Защитное стекло из светостабилизированного поликарбоната, степень защиты IP53, габаритные размеры 575x297x256мм.

Технические характеристики светильника ЖКУ-250:

- Частота питания - 50Гц
- Коэффициент мощности - не менее 0,6
- Класс защиты от поражения электрическим током - 1
- Потребляемая мощность - 274Вт
- Номинальная мощность - 250Вт
- Напряжение сети - $220 \pm 10\%$ В
- Световой поток - 30000лм
- Коэффициент полезного действия - 55%
- Диапазон цветовой температуры - 1800-2200К
- Цветопередача - 20-30
- Тип КСС - косинусная
- Патрон - E40
- Масса - 5,9кг
- Габариты - 575x297x256мм
- Тип источника света - ДНаТ
- Количество основных источников света - 1
- Способ установки светильника - Консольный
- Климатическое исполнение - УХЛ1
- Степень защиты оптического отсека - IP53
- Степень защиты отсека ПРА - IP23
- Тип ПРА – ЭМПРА



Рисунок 2 – Лампа натриевая ДНаТ 250 Вт

«Газоразрядная Натриевая лампа (НЛ) – это электрический источник света, у которого светящимся телом служит газовый разряд в парах натрия. Поэтому резонансное излучение натрия является преобладающим в спектре таких ламп. Лампы излучают яркий оранжево-жёлтый свет. Эта особенность газоразрядной натриевой лампы (монохроматичность излучения) вызывает неудовлетворительное качество цветопередачи, при освещении ею. Из-за особенностей спектра и сильного мерцания на удвоенной частоте питающей сети натриевые газоразрядные лампы применяются в основном для уличного, утилитарного, архитектурного и декоративного освещения. Применение натриевых газоразрядных ламп для освещения общественных и производственных зданий крайне ограничено и обуславливается, как правило, требованиями эстетического характера» [23].

В зависимости от величины парциального давления паров натрия лампы подразделяют на лампы высокого давления (НЛВД) и низкого давления (НЛНД).

Несмотря на свои недостатки, натриевые лампы являются одним из самых эффективных электрических источников света. Светоотдача натриевых ламп низкого давления – 200 люмен/Ватт, высокого давления достигает 150 люмен/Ватт.

Таблица 1 -Типичная светимость и срок службы ламп ДНаТ

Мощность лампы, Вт	Световой поток, Лм	Срок службы, часов
70	5800	6000..18000
100	9200	6000..18000
150	14500	6000..18000
250	27500	10000..16000
400	48000	15000..48000
600	88000	8000..12000
1000	125000	8000..16000

Натриевые лампы низкого давления.

«Первыми из НЛ были созданы Натриевые Газоразрядные Лампы Низкого Давления. С 1930-х годов эти источники света стали широко распространяться в Европе. В СССР велись эксперименты по освоению производства НЛНД, существовали даже модели, выпускавшиеся серийно, но внедрение их в практику общего освещения прервалось из-за освоения более технологичных ртутных газоразрядных ламп, которые, в свою очередь, стали вытесняться НЛВД. Схожая картина наблюдается в США, где НЛНД в 1960-х годах были полностью заменены на металлогалогенными лампами. Однако в Европе Газоразрядные Натриевые Лампы Низкого Давления до сих пор распространены достаточно широко. Одним из основных направлений их применения является освещение загородных автострад.

Лампы низкого давления отличаются рядом особенностей. Во-первых, пары натрия очень агрессивны по отношению к обычному стеклу. Поэтому внутренняя колба обычно изготавливается из боросиликатных стёкол. Во-вторых, эффективность натриевых газоразрядных ламп низкого давления сильно зависит от температуры окружающей среды. Для обеспечения приемлемого температурного режима колбы последняя помещается во внешнюю стеклянную колбу, играющую роль «термоса».

Натриевые лампы высокого давления.

Создание натриевых газоразрядных ламп высокого давления потребовало другого решения проблемы защиты материала колбы от воздействия не только паров натрия, но и высокой температуры электрической дуги. Была разработана технология производства трубок из Al_2O_3 оксида алюминия. Такая трубка с тоководами помещается во внешнюю колбу из термостойкого стекла. В полости внешней колбы создавался вакуум, и колба тщательно дегазировалась. Последнее необходимо для поддержания нормального температурного режима работы горелки и защиты ниобиевых токовых вводов от воздействия атмосферных газов» [23].

«Горелка НЛВД наполняется буферным газом, в качестве которого служат газовые смеси различного состава, а также в них дозируется амальгама натрия (сплав с ртутью). Существуют газоразрядные лампы высокого давления «с улучшенными экологическими свойствами» - безртутные.

Лампы светят оранжевым или жёлтым светом (в конце срока службы данных ламп их спектр излучения изменяется и варьируется от тёмно-оранжевого до красного). Высокое давление паров натрия в горячей лампе вызывает значительное уширение излучаемых спектральных линий. Поэтому НЛВД имеют квазинепрерывный спектр в ограниченном диапазоне в жёлтой области. Цветопередача при освещении такими лампами несколько

улучшается по сравнению с НЛНД, однако падает световая отдача лампы (примерно до 150 лм/Вт).

Натриевые лампы высокого давления используют в промышленном растениеводстве для дополнительного освещения растений - это дает возможность интенсивного растениеводства круглый год.

В отечественной номенклатуре источников света существует ряд типов НЛВД:

- ДНаТ (Дуговые Натриевые Трубочатые) в цилиндрической колбе;
- ДНаС (Дуговые Натриевые в Светорассеивающей колбе)– предназначены для прямой замены ртутных газоразрядных ламп (ДРЛ), помещаются в колбу ДРЛ с люминофорным слоем. Лампы аналогичной конструкции, вместо люминофора на колбу которых нанесён светорассеивающий слой белого пигмента, обозначаются ДНаМт (Дуговые Натриевые Матированные);
- ДНаЗ (Дуговые Натриевые Зеркальные)– производятся в различных модификациях. Мелкими партиями выпускаются лампы в колбе, аналогичной ДРИЗ, где горелка размещается аксиально (на геометрической оси отражателя). Более широкое распространение получили лампы, известные под торговой маркой «Reflux» («Рефлак») с зеркализированной колбой специальной формы. В небольшом количестве изготавливались лампы-фары с горелкой ДНаТ» [23].

На данный момент установлено на опорах контактной сети 170 двухрожковых кронштейнов, 5 однорожковых кронштейнов, 345 светильников ЖКУ-250, 22 распаячных ящика РЯ, 5 панелей уличного освещения ВРШ-4: ПП-4, 5, 6, 7, 8 ул. Революционная (рисунок 3). На рисунке 4 представлена принципиальная электрическая схема панели (шкафа) уличного освещения.

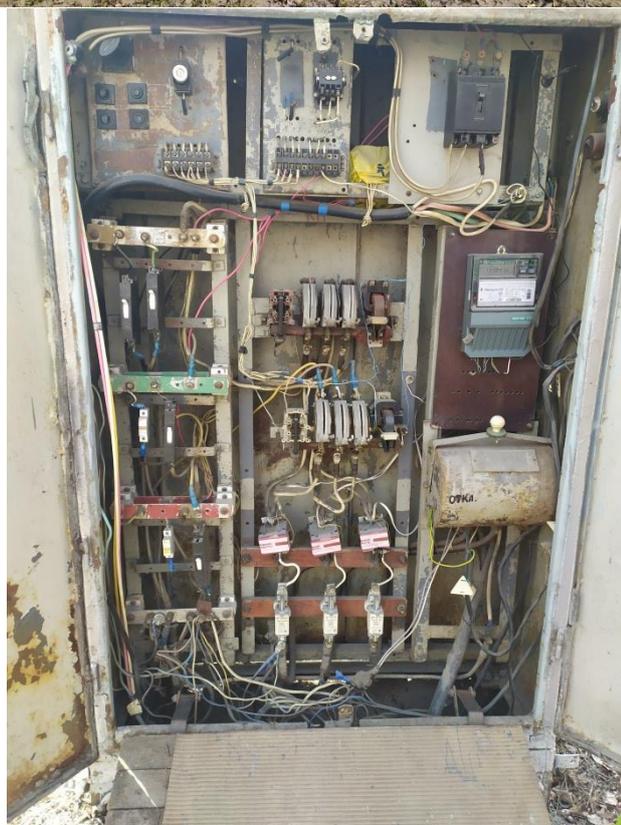


Рисунок 3 – Действующая панель уличного освещения

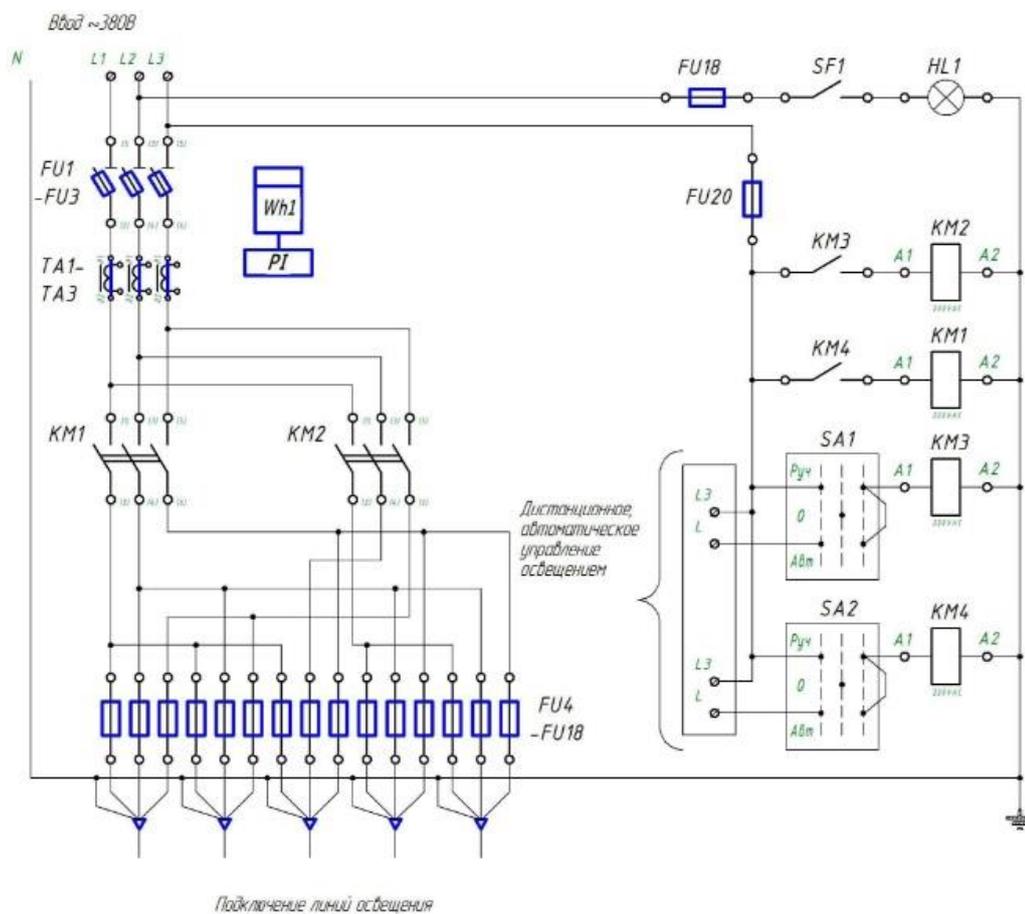


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема панели

«Основным аппаратом в цепи управления освещением панели уличного освещения является электромагнитный контактор (контакторы), который по командам цепей автоматического, местного или дистанционного управления осуществляет коммутацию главной цепи.

Функцию защиты от токов перегрузки или короткого замыкания осуществляют вводной автоматический выключатель и/или групповые автоматические выключатели.

В качестве аппарата защиты на вводе в панели уличного освещения может также устанавливаться выключатель-разъединитель с предохранителями.

При установке в качестве вводного аппарата выключателя-разъединителя или переключателя-разъединителя функции защит должны обеспечиваться с помощью автоматических выключателей групповых цепей

и/или отключающего аппарата вышестоящего устройства. Вводные выключатели (переключатели)-разъединители также обеспечивают видимый разрыв главной цепи в отключённом состоянии. Учёт электрической энергии осуществляется с помощью счётчиков (активной, активнореактивной) энергии, подключенных в главную цепь непосредственно (до 100А) или через измерительные трансформаторы тока. Снятие показаний счётчиков может осуществляться только при открытой двери ящика (шкафа) или дистанционно» [24].

Органы ручного управления размещены в панели уличного освещения и включают в себя: — избиратель режимов «Ручной», «Автоматический», кнопки «Включение» и «Отключение». В исполнениях с режимом управления «Вечер-ночь» кнопки ручного включения, отключения устанавливаются для каждого из контакторов.

«Исполнение панели уличного освещения с годовым реле времени управляет уличным освещением по двум независимым линиям вечернего и ночного освещения. Включение всех линий освещения осуществляется при наступлении времени видимого заката Солнца. При этом группа светильников, запитанных по линии вечернего освещения, продолжает работать до наступления астрономических сумерек, после чего отключается. Линия ночного освещения продолжает работать. По окончании астрономических сумерек к работающей линии ночного освещения вновь подключаются нагрузки вечернего освещения, которые продолжают работать совместно до наступления времени видимого восхода Солнца» [24].

«Панели уличного освещения во всех исполнениях имеют режим дистанционного управления, когда включение-отключение осветительной установки происходит по командам диспетчера или со стороны вышестоящей автоматизированной системы управления освещением. Для диспетчеризации работы шкафа может быть задействован «сухой» перекидной контакт состояния основного контактора (ов)» [24].

«Как правило, мощность осветительных нагрузок, запитанных от линий вечернего и ночного освещения, составляет $1/3$ и $2/3$ соответственно от полной мощности осветительной установки.

Ввод-вывод кабелей в ящики осуществляется снизу через сальниковые вводы. Ввод-вывод кабелей в шкафы осуществляется снизу через проём в нижней стенке.

Подключение вводных и отходящих фазных проводников осуществляется непосредственно к зажимам аппаратов или промежуточным шинам, организованным для удобного подключения необходимого количества кабелей требуемого сечения. Нулевые рабочие и заземляющие проводники подключаются к шинам N и PE» [24].

В Ручном режиме управление освещением осуществляется простым включением или отключением контакторов при помощи кнопок «ВКЛ», «ОТКЛ» при положении переключателя SA1 (SA2) в положении «Ручной режим».

В положении «Таймер» работа осуществляется по команде запрограммированного Таймера.

Устаревшие кабельные линии 0,4 кВ АПВБ-1 3x120+1x35, АПВБ-1 3x25+1x16, введенные в эксплуатацию в 1972 году. Протяженность кабельных линий 0,4 кВ АПВБ-1 3x120+1x35 – 2.08 км, АПВБ-1 3x25+1x16 – 9,344 км.

1.2 Управление магистральным освещением

Управление включением и отключением освещения осуществляется таймерами освещения ТО-2, установленных в панелях уличного освещения ВРШ-4 (ПП-4, 5, 6, 7, 8 ул. Революционная) в количестве 5 штук (рисунок 5).



Рисунок 5 – Уличный таймер освещения ТО-2

Таймеры освещения серии ТО (ТО-1И, ТО-2И, ТО-2) с часами реального времени ТУ 4283-004-57581927-2005 предназначены для автоматического включения и выключения осветительных или других устройств и используются в системах управления уличным освещением, для освещения рекламных щитов, приусадебных участков, территорий гаражных комплексов и производств, где время включения освещения связано с:

- временем астрономического захода и восхода солнца в регионе;
- временем суток, а также календарными датами и днями недели;
- праздниками с фиксированными (1 января) или плавающими (Пасха) датами.

Включение нагрузки осуществляется внутренним реле типа «сухой контакт» по установленному в таймере расписанию. Для работы таймера не требуются датчики освещённости.

Таймер представляет собой устройство на основе микроконтроллера. Микроконтроллер сравнивает текущую дату и время встроенных часов с таблицей восходов и заходов солнца и управляет реле. Таймеры ТО-2И

(ТО-2) оснащены двумя реле – Реле 1 и Реле 2 (рисунок 6), а таймеры ТО-1И – только одним Реле 2.

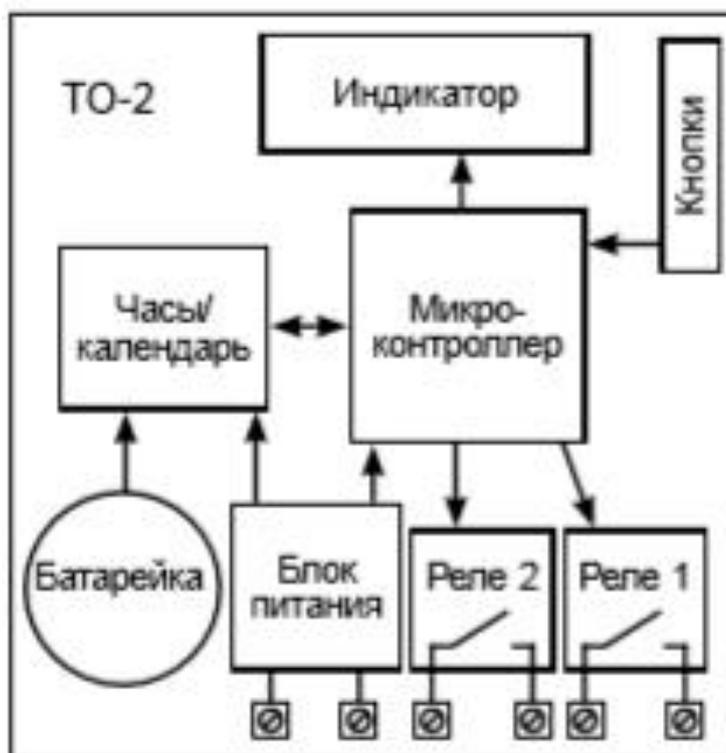


Рисунок 6 – Таймер ТО-2. Блок-схема

Реле 1 включает освещение только по астрономической таблице восходов и заходов солнца (без выключения в ночное время).

Реле 2 включает освещение по астрономической таблице восходов и заходов солнца, а также имеет дополнительные возможности:

- отключать освещение в заданный промежуток времени, обычно для экономии электроэнергии – глубокой ночью (рисунок 7);

- включать освещение в заданный промежуток времени ежедневно (реле времени);

- включать освещение в заданный промежуток времени по списку праздничных дней. При отключении напряжения питания таймера все настройки сохраняются, внутренние часы-календарь питаются от батарейки. При восстановлении питания таймер возобновляет работу без вмешательства

пользователя. Для дистанционной настройки с помощью Программатора ПТО (далее – Программатора) таймеры ТО-1И и ТО-2И оснащены инфракрасным приёмником.

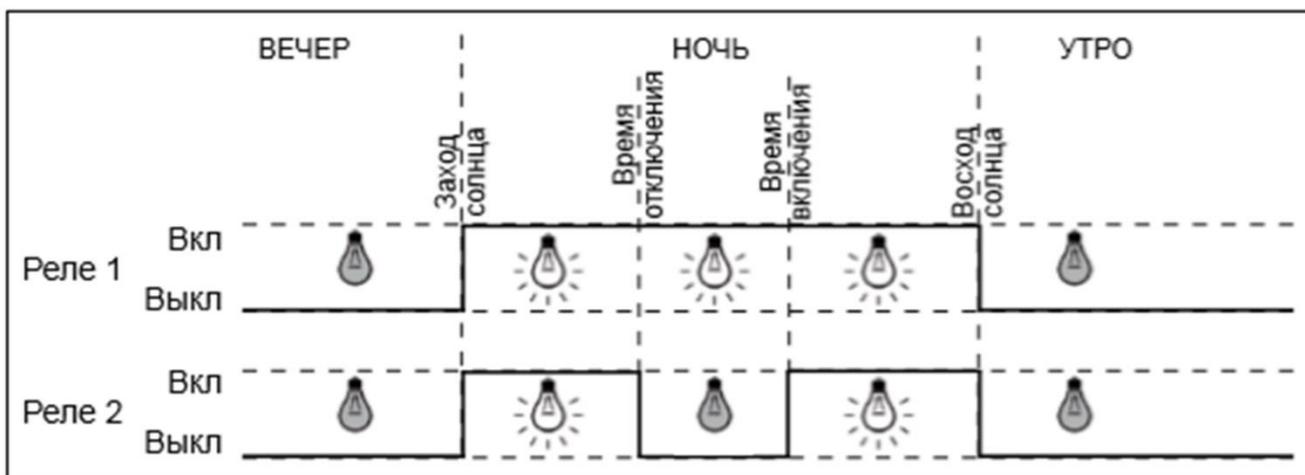


Рисунок 7 – Схема работы Реле 1 и Реле 2 при ночном отключении

В таблице 2 представлен график включения и отключения установок наружного освещения г.о. Тольятти на 2020 год.

Таблица 2 – График включения и отключения установок наружного освещения г.о. Тольятти на текущий год

Месяц	Пятидневка												Время горения
	1-5		6-10		11-15		16-20		21-25		26 - (29)30 (31)		
	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.	
январь	16:56	8:34	17:03	8:32	17:10	8:28	17:18	8:23	17:27	8:17	17:38	8:09	468:46
февраль	17:47	8:01	17:57	7:52	18:07	7:43	18:16	7:33	18:25	7:22	18:32	7:15	390:01
март	18:42	7:03	18:51	6:51	19:00	6:39	19:09	6:27	19:18	6:15	19:30	5:58	353:48
апрель	19:39	5:52	19:50	5:33	20:00	5:21	20:08	5:05	20:19	4:57	20:29	4:46	276:05
май	20:39	4:35	20:48	4:24	20:57	4:16	21:03	4:06	21:15	3:58	21:23	3:50	221:37
июнь	21:38	3:35	21:45	3:31	21:50	3:28	21:51	3:28	21:51	3:30	21:51	3:33	171:35
июль	21:47	3:38	21:44	3:43	21:40	3:49	21:24	3:58	21:24	4:06	21:13	4:16	198:33
август	21:04	4:26	20:54	4:36	20:42	4:46	20:31	4:55	20:18	5:05	20:04	5:15	256:41
сентябрь	19:50	5:26	19:38	5:33	19:25	5:45	19:12	5:53	19:02	6:02	18:49	6:11	314:40
октябрь	18:28	6:29	18:15	6:38	18:04	6:47	17:53	6:56	17:42	7:04	17:30	7:16	400:16
ноябрь	17:21	7:27	17:11	7:36	17:04	7:45	16:56	7:55	16:49	8:03	16:46	8:11	444:10
декабрь	16:45	8:17	16:41	8:23	16:41	8:29	16:42	8:32	16:44	8:34	16:50	8:35	488:00

1.3 Требования и рекомендации ПУЭ в сетях наружного освещения

В соответствии п. 6.5.2. ПУЭ «В городах и населенных пунктах, на промышленных предприятиях должно предусматриваться централизованное управление наружным освещением (см. также пп. 6.5.24, 6.5.27, 6.5.28). Централизованное управление рекомендуется также для общего освещения больших производственных помещений (площадью несколько тысяч квадратных метров) и некоторых помещений общественных зданий. Способы и технические средства для систем централизованного управления наружным и внутренним освещением должны определяться технико-экономическими обоснованиями».

6.5.4. «Централизованное управление освещением рекомендуется производить:

- наружным освещением промышленных предприятий - из пункта управления электроснабжением предприятия, а при его отсутствии - с места, где находится обслуживающий персонал;
- наружным освещением городов и населенных пунктов - из пункта управления наружным освещением;
- внутренним освещением - из помещения, в котором находится обслуживающий персонал».

6.5.19. «Система управления наружным освещением должна обеспечивать его отключение в течение не более 3 мин. Управление наружным освещением рекомендуется осуществлять из ограниченного числа мест».

На данный момент каждая панель уличного освещения включается автоматически без возможности включения или отключения дистанционно. Нет информации о включении у диспетчера, пока бригада ОВБ не выполнит осмотр включения уличного освещения. Нарушается одновременность включения, и нет возможности включения раньше из-за неблагоприятных

метеоусловий (низкая облачность и т.д.). Поступают жалобы жителей, автолюбителей.

Также в соответствии п. 6.5.25. ПУЭ «Для снижения освещения улиц и площадей городов в ночное время необходимо предусмотреть возможность отключения части светильников. При этом не допускается отключение двух смежных светильников». Но из-за постоянных выходов из строя устаревших кабельных линий 0,4 кВ нет возможности обеспечить данное условие.

В соответствии п. 7.5.1.2 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* «Для проезжей части участков городских улиц и дорог со стандартной геометрией и асфальтобетонным покрытием нормируют: среднюю яркость дорожного покрытия $L_{ср}$, общую U_0 и продольную U_i равномерности яркости дорожного покрытия, среднюю освещенность дорожного покрытия $E_{ср}$, равномерность освещенности U_h , пороговое приращение яркости Π согласно таблице 3».

Таблица 3 -Нормируемые показатели освещения улиц и дорог городских поселений с регулярным транспортным движением с асфальтобетонным покрытием

Категория объекта	Класс объекта	Средняя яркость дорожного покрытия $L_{\text{ср}}$, кд/м ² , не менее	Общая равномерность яркости дорожного покрытия U_0 , не менее	Продольная равномерность яркости дорожного покрытия U_i , не менее	Пороговое приращение яркости Π , %, не более	Средняя освещенность дорожного покрытия $E_{\text{ср}}$, лк, не менее	Равномерность освещенности дорожного покрытия U_h , не менее	Максимальная относительная удельная мощность при нормируемой освещенности, D_p , мВт·м ⁻² ·лк ⁻¹ , не более					
А	А1	2,00	0,40	0,70	10	30,0	0,35	60					
	А2	1,60							10	50			
	А3	1,40							12	48			
	А4	1,20							12	45			
Б	Б1	1,20	0,40	0,60	12	20,0	0,35	45					
	Б2	1,00							15	53			
В	В1	0,80	0,40	0,50	15	15,0	0,25	50					
	В2	0,60							0,40	0,50	15	10,0	50
	В3	0,40							0,35	0,40	20	6,0	50

В соответствии п. 7.5.1.2 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* «7.5.2.1 Освещение наземных пешеходных переходов (в одном уровне с проезжей частью) должно обеспечивать пешеходам возможность видеть препятствия и дефекты дорожного покрытия, а водителям транспортных средств - видеть пешеходов на фоне дорожного покрытия проезжей части. В целях усиления распознаваемости зоны перехода для ее освещения целесообразно использовать светильники с источниками света, имеющими цветность, контрастную по отношению к цветности источников света, применяемых в светильниках для освещения проезжей части улицы. Например, для дороги, освещаемой светильниками с натриевыми лампами высокого давления, на переходе целесообразно использовать светильники с металлогалогенными лампами или светодиодные светильники».

Управление городским освещением стало многообразным. Используются средства автоматики, GSM/GPRS модули для дистанционного управления и контроля, автоматизированных систем телемеханики. Наружное освещение, помимо создания безопасности и комфорта на улицах города Тольятти в вечернее и ночное время суток, является элементом системы энергоснабжения и энергопотребления. Поэтому комплексное решение вопросов городской энергетики предусматривает улучшение функционирования наружного освещения.

Так, по данным Государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации (подготовлен министерством ТЭК и ЖКХ РФ), по итогам 2016 года в регионе доля энергоэффективных источников света в уличном и дорожном освещении составляла 85%. Также Кубань существенно опережала среднероссийские показатели и занимала лидирующие позиции по темпам внедрения экономичных технологий.

По данным министерства ТЭК и ЖКХ Краснодарского края, с использованием механизма энергосервисных контрактов уже почти

завершена модернизация системы уличного освещения в Армавире, Горячем ключе и станице Каневской. Для этих населенных пунктов, по предварительным оценкам, удастся сэкономить на освещении от 50% до 70% от общей суммы затрат на освещение улиц.

Так, в Армавире замена светильников после окончания срока действия контракта позволит сохранить в бюджете 34,2 млн. руб. ежегодно, Горячий ключ экономит 10,3 млн. руб. в год, а станица Каневская – порядка 38,6 млн. рублей.

1.4 Выводы по разделу 1

1. Проведен анализ состояния сетей магистрального освещения улицы Революционной.

2. На основе анализе можно сделать вывод, что необходимо проведение реконструкции устаревшего оборудования, что позволит повысить такие столь необходимые параметры как надежность, бесперебойность, энергоэффективность, а также снизит затраты на электроэнергию и сделать город безопаснее для ночных пешеходов и водителей. Например, Краснодарский край в плане энергоэффективности уличного освещения и модернизации систем последние годы находится в числе лидеров наряду с Москвой, Белгородской и Орловской областями.

Электронные системы базируются на технологиях Infineon и включают в себя радар диапазона 24 ГГц, силовые полупроводниковые приборы, микроконтроллеры (МК) серии XMC TМи высокоэффективные устройства защиты информации серии OPTIGA™. Технология Intel позволяет подключаться к сети посредством модема с малым энергопотреблением и большой зоной покрытия, поддерживающего работу с сетями сотовой связи, которые используют стандарты LTE Cat.1, LTE Cat.M1, Cat.NM1, LTE-NB и 5G-IoT.

В сочетании с технологией OPTIGA TМ компании Infineon сотовая связь, основанная на стандартных протоколах, представляет собой открытую систему, которая является масштабируемой и полностью независимой от существующей инфраструктуры, и обеспечивает при этом высокий уровень защиты информации.

В этом случае оператору систем уличного освещения (как правило – органу государственного управления) необходимо всего лишь подключить концентраторы уличного освещения к уже имеющейся инфраструктуре.

В дополнение к тому, что уличные светильники, выполненные на микросхемах управления питанием и силовых ключах Infineon, сами по себе обладают высокой энергоэффективностью, применение радара диапазона 24 ГГц позволяет обнаруживать присутствие объектов и увеличивать яркость света только там, где это необходимо, что обеспечивает более эффективное решение по сравнению с большинством постоянно включенных светильников.

Однако интеллектуальные светильники eluminocity – это не только системы освещения с высокой энергоэффективностью. Встроенные в них бесконтактные детекторы позволяют обнаруживать близлежащие свободные парковочные места, что в сочетании с сетевыми технологиями Intel предоставляет водителям, находящимся поблизости, информацию о доступном количестве парковочных мест.

Данная функция характеризует светильники eluminosity как один из элементов полнофункциональной системы интеллектуального управления транспортным трафиком.

Благодаря мониторингу локальных условий дорожного движения специалисты по городскому планированию и владельцы окрестных магазинов получают полезные сведения, позволяющие ориентировать водителей транспортных средств в зонах их скопления либо посредством сигналов или знаков дорожного движения, либо путем предоставления актуальной на данный момент информации бортовым спутниковым навигационным системам.

Современные интеллектуальные уличные светильники могут также оснащаться встроенными зарядными устройствами для электрических транспортных средств (рисунок 9).

Поскольку такие зарядные устройства не требуют выделения под них дополнительных площадей, это является ключевым фактором, способствующим успешному развитию городского электротранспорта.



Рисунок 9 – Интеллектуальный уличный светильник с зарядным устройством для электромобилей

2.1 Платформа Unilight. Автоматизированная система управления наружным освещением

Интеллектуальные решения для опор городского освещения выпускает компания «АйТи Умный город», дочерняя структура «АйТи Энергофинанс» (ГК «АйТи»). Разработанная ею система Unilight позволяет автоматически включать и выключать наружное уличное освещение в соответствии с заданным годовым графиком, поддерживать оперативное централизованное ручное управление режимами освещения, контролировать работу и текущее состояние оборудования. А также дистанционно получает, хранит и обрабатывает данные информационно-измерительных приборов.

В архитектурном плане Unilight представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя ПО для мониторинга и управления, GSM-оборудование для связи с модулями управления светильниками, передающее данные по протоколу NB-IoT, сами модули, а также шкафы для управления силовыми линиями (ШУНО), которые обслуживают 50-70 светильников (рисунок 10). Все компоненты производятся в России компанией «АйТи Умный город».

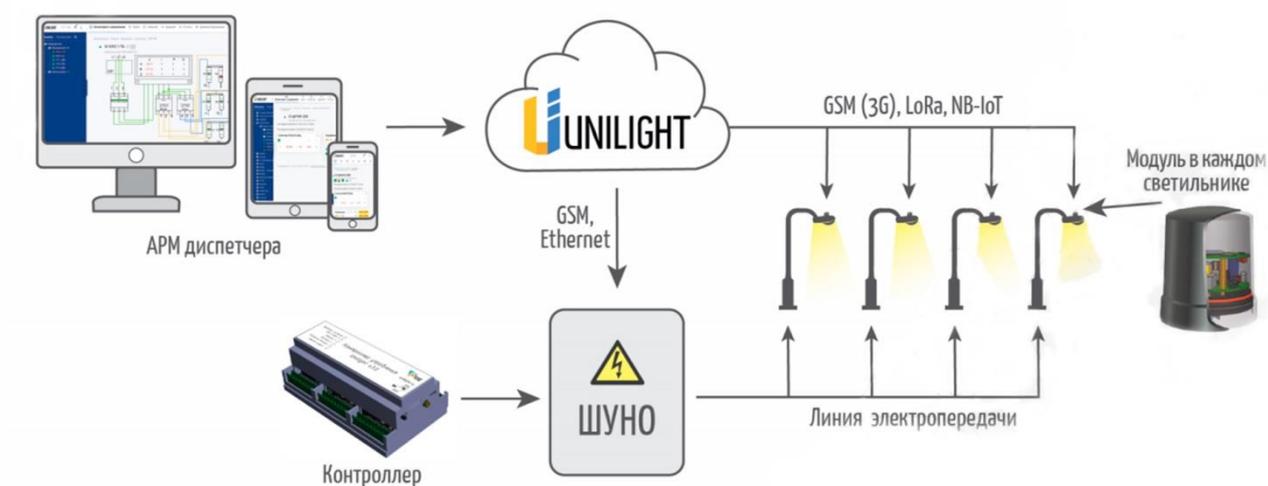


Рисунок 10 – Архитектура АСУНО UNILIGHT

Интеграционные возможности Unilight позволяют работать с телекоммуникационным оборудованием ведущих зарубежных корпораций (Cisco, Nokia, Huawei), а также с ведущими отечественными решениями.

Возможности системы позволяют адресно управлять каждым светильником, как по заданному расписанию, так и в ручном режиме, осуществлять диммирование (управление мощностью) каждого светильника, дистанционный учет энергопотребления и мониторинг состояния оборудования. Диммирование и оптимизация графика включения и выключения позволяют до 40% сократить эксплуатационные расходы на поддержку наружного городского освещения.

Поскольку при выключении светильников в дневное время электропитание на опорах сохраняется, от этого электричества можно питать целый ряд других устройств. Например, метеостанции, датчики состояния дорожного полотна, камеры видеонаблюдения.

В последней версии решения Unilight была добавлена поддержка датчиков мониторинга занятости парковочного пространства, а также информационное табло, которое можно разместить на опоре для отображения любой информации, полезной для жителей города. Все это сервисы Умного города, управление которыми можно организовать в ситуационном центре под управлением Unilight, которая позиционируется разработчиком как базовая платформа для различных подсистем Умного города.

Компания Philips Lighting в сотрудничестве с «АйТи Умный город» (дочка «АйТи Энергофинанс») представляют комплексную систему управления освещением на базе платформы Unilight (программная платформа, на базе которой, помимо управления освещением, можно реализовать целый пакет сервисов в области Smart City и Интернета вещей (IoT)). Решение ориентировано на российский рынок и призвано помочь эффективно управлять освещением, получать и передавать актуальные

данные о ситуации на улицах города, другими словами – улучшать городскую среду и обеспечивать безопасность.

Использование платформы Unilight делает светильники Philips элементами городской сети Интернета вещей.

Что это дает? Например, специальные датчики, установленные на опорах освещения, способны определять уровень шума, загрязнения воздуха и загруженности дорог.

Средства видеоаналитики помогут зафиксировать транспортное происшествие и вызвать соответствующие службы без участия человека. Оперативные данные о погоде и состоянии дорожного полотна позволят эффективно управлять работой дорожных служб. На основе полученных данных и аналитических сводках городские власти смогут принимать оперативные и полезные решения.

Другой важный момент – это качественное освещение в нужное время и в нужном месте. Можно снижать яркость освещения при снижении транспортного потока или использовать максимально яркое освещение в «час пик». Такой подход помогает сократить энергопотребление и является залогом успешного развития «зеленых городов» будущего. При этом платформа Unilight дает возможность наблюдать за состоянием светильников и точно определяет параметры работы каждого из них, в том числе геопозиционирование с помощью GPS и ГЛОНАСС. Сегодня концепция Smart City уже успешно применяется в Лос-Анджелесе, Барселоне, Амстердаме, Мадриде и Дубае.

2.2 Светильник RoadFlair от Philips

Отдельно отметим, что дорожные светильники Philips RoadFlair (рисунок 11), с которыми работает платформа Unilight, производят на территории России. Благодаря локальному производству решений и систем

управления светом, Philips Lighting удалось сократить время их поставки, сохраняя при этом высокое качество продукции.



Рисунок 11 – Светильник RoadFlair от Philips

Технические характеристики светильника RoadFlair BRP392
LED186/NW 130W 220-240V DM PSR:

Общая информация:

- Цвет источника света - Нейтральный белый 740
- Сменный источник света - Нет
- Драйвер в комплекте - Да
- Тип оптического плафона / линзы - PC-MLO [Polycarbonate micro lens optic]
- Интерфейс управления - Analog
- Соединение - Сетевая розетка
- Класс защиты по МЭК - Класс безопасности I
- Маркировка CE - CE mark
- LED engine type - LED

Эксплуатационные и электрические характеристики:

- Входное напряжение - 220 до 240 В

– Входная частота - 50 или 60 Гц

– Коэффициент мощности (мин.) - 0.9

Системы управления и регулировка яркости света:

– Возможность изменения яркости света - Да

Механические компоненты и корпус:

– Материал корпуса - Литой алюминий

– Материал оптической крышки/линзы - Поликарбонат

– Монтажное устройство - 48/60S [Side-entry for diameter 48-60 мм]

– Форма оптической крышки / линзы - Ball, globular

– Покрытие оптической крышки / линзы - Матовое

– Общая длина - 492 мм

– Общая ширина - 295 мм

– Общая высота - 86 мм

– Цвет – Серый

Соответствие требованиям и область применения:

– Код защиты от проникновения - IP66 [Защита от попадания пыли, защита от струй]

– Код степени защиты от механических воздействий - IK08 [5 J vandal-protected]

Первоначальная производительность (соответствие МЭК):

– Начальная светоотдача - 18669 лм

– Допустимое отклонение светового потока - +/-10%

– Начальная эффективность освещения светодиода - 140 лм/Вт

– Нач. корр. цветовая температура - 4000 К

– Нач. индекс цветопередачи - >70

– Начальная цветность - 13 SDCM

– Начальная входная мощность - 130 Вт

– Допустимое значение потребляемой мощности - +/-10%

Условия эксплуатации:

– Диапазон температуры окружающей среды – от -40 до +50 °С

– Максимальный уровень уменьшения яркости света - 10%

Светодиоды - это полупроводниковые устройства, которые могут легко работать с другими твердотельными схемами. Поскольку светодиоды реагируют мгновенно на изменения потребляемой мощности, аналоговое затемнение на основе метода постоянного уменьшения тока (CCR) может быть реализовано простым управлением приводным током, подаваемым на светодиоды. Светодиодные уличные фонари можно также затемнять цифровым способом, используя метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ), который позволяет регулировать интенсивность во всем диапазоне, сохраняя при этом постоянную цветовую точку независимо от изменения интенсивности света. В отличие от этого, уличные фонари с лампами ДНаТ могут быть затемнены только до уровня примерно 50% света, а затемнение металлогалогенных ламп сложнее. Цифровая природа твердотельного освещения открывает возможности для прямой интеграции уличных фонарей в компьютерные системы, что приводит к повышению эффективности и автоматизации. Это сочетание уличного освещения, сенсорных технологий и беспроводной связи открывает двери для широкого спектра инновационных возможностей в контексте Интернета вещей.

2.3 Контроллер управления освещением

Контроллер управления Unilight (рисунок 12) предназначен для мониторинга состояния счетчика и дискретных низковольтных входов, а также управления контакторами, отвечающими за включение и выключение любой нагрузки.

Контроллер имеет автономное питание, малое время реагирования на команды диспетчера с АРМ, возможность подключения внешних расширительных модулей, возможность работы с двумя SIM-картами разных операторов.

Контроллеры управления могут входить в состав ШУНО «Unilight» или работать на имеющемся силовом оборудовании. Функционирование по протоколу MQTT (Message Queue Telemetry Transport – это легкий, компактный и открытый протокол обмена данными, созданный для передачи данных на удалённых локациях, где требуется небольшой размер кода и есть ограничения по пропускной способности канала. Вышеперечисленные достоинства позволяют применять его в системах М2М (Машинно-Машинное взаимодействие) и ПоТ (Промышленный Интернет вещей)), дает возможность гибко встраиваться в различные системы.



Рисунок 12 – Контроллер управления Unilight v3.0

Функциональные возможности:

– Сбор данных прибора учета электроэнергии, датчиков

- Возможность управления объектами по расписанию или по команде диспетчера
 - Передача данных о состоянии элементов щита управления
 - Оповещение диспетчерского персонала об аварийных и иных важных событиях в звуковом виде, графическом виде, по электронной почте или с помощью SMS сообщений
 - Поддержка до 6-ти независимо управляемых контакторов
 - Мониторинг состояний до 27 дискретных входов
 - Два интерфейса RS-485 для взаимодействия с внешними устройствами – (счетчик электрической энергии, датчик освещенности и др.)
 - Встроенный GSM модем. Поддержка 3G
 - Дистанционное обновление программного обеспечения
- Основные сведения об изделии и технические данные.

Контроллер управления Unilight предназначен для мониторинга состояния дискретных низковольтных входов, получения и передачи данных со счетчика, а также управления контакторами, отвечающими за включение и выключение любой нагрузки. Контроллеры управления могут входить в состав ШУНО Unilight или работать на имеющемся силовом оборудовании. Контроллер имеет автономное питание, малое время реагирования на команды диспетчера с АРМ, возможность подключения по RS-485 внешних расширительных модулей, возможность работы с несколькими SIM-картами разных операторов.

Технические характеристики контроллера управления Unilight:

- Материал корпуса - Пластик
- Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм - 160×90×60
- Варианты установки - Крепление на DIN-рейку

Интерфейс:

- Тип - RS-485
- Количество - 2
- Скорость передачи данных, бод - 1200 ~ 115 200

- Максимальная длина линии связи, м - 800
- Протокол передачи данных - Modbus
- Напряжение изоляции, В – 2500

Работа с приборами учета:

- Поддерживаемые производители приборов учета - Меркурий, Энергомера, Маяк
- Учет электрических характеристик сети уличного освещения - Учет электроэнергии (активной, реактивной), профиль мощности, замеры фазных токов и напряжений. Передача всех показаний по каналу GSM в автоматическом режиме и по запросу диспетчера.

Силовой выход:

- Тип - Семисторный с шунтированием через электромеханическое бистабильное реле
- Количество 6
- Тип контактов - Нормально разомкнутые
- Максимальный коммутируемый ток при переменном напряжении ~250 В, А - 3
- Максимальное время включения, мс - 3
- Максимальное время выключения, мс - 3

Питание:

- Напряжение питания, В, АС - ~180...260
- Частота питающего напряжения, Гц - 50...60
- Потребляемая мощность, Вт – 10

Встроенный ИБП:

- Время автономной работы GSM-модема при температуре - 20°C...+40 °C не менее, мин – 60
- Тип аккумулятора - LiFePo₄, 18650, сменный

Питание внешних устройств:

- Выходное напряжение, В - +15
- Ток, mA - Не более 120

Условия эксплуатации:

– Температура, °С - Температура, °С

Дополнительная информация:

– Время наработки на отказ, ч. - 30 000

– Канал передачи информации - Передача сигналов в сетях сотовой связи стандарта GSM 850/900/1800/1900

– Время технической готовности устройства (установления рабочего режима), мин. – 2

– Количество используемых SIM-карт – 2

– Индикаторы - Индикация наличия питания, Индикация работы активной SIM-карты, Индикация уровня сигнала сети, Индикация обмена по интерфейсам RS-485, Индикация заряда аккумулятора

– Сторожевой таймер - Да

– Подключение к ПК - USB

– Подключение антенны - SMA

– Удаленное обновление встроенного ПО – Да

Функциональные возможности:

– Сбор данных прибора учета электрической энергии (счетчик), датчиков

– Передача собранных данных на уровень сбора/представления данных

– Оперативное оповещение персонала об аварийных и иных событиях

– Работа по расписанию на 365 дней с возможностью работы без подключения к сети GSM (по заранее выставленному расписанию)

– Синхронизация времени по сети

– Возможность функционирования в автономном режиме (по расписанию), в ручном режиме по команде диспетчера

– Использование SMS для приема/передачи команд/данных

– Поддержка до 6 независимо управляемых контакторов

– Возможность установки индивидуального расписания на каждый контактор

– Мониторинг состояний до 27 дискретных входов

- Морозостойкий сменный аккумулятор тип 18650 с возможностью автономного функционирования от 60 мин при температуре от -20°C до +40°C
- Возможность работы с несколькими счетчиками одновременно
- Возможность подключения внешних устройств по интерфейсу RS-485
- Возможность полного логирования всех действий контроллера в самом контроллере с выгрузкой на ftp-сервер
- Встроенные энергонезависимые часы реального времени
- Функционирование по протоколу MQTT, что дает возможность гибко встраиваться в различные системы
- Возможность дистанционного обновления, встроенного ПО устройства
- Гарантированное восстановление работоспособности при неудачном обновлении встроенного ПО
- Подтверждение (квитирование) выполнения любых команд управления, переданных от сервера
- Автоматическая перезагрузка при зависании (watch-dog)

Данный контроллер является законченным устройством, которое может устанавливаться в уже существующий щит управления, либо поставляться в составе комплекта шкафа управления.

2.4 Программное обеспечение

Интуитивно-понятный интерфейс системы осваивается в короткое время и позволяет сократить издержки на обучение персонала (рисунок 13).

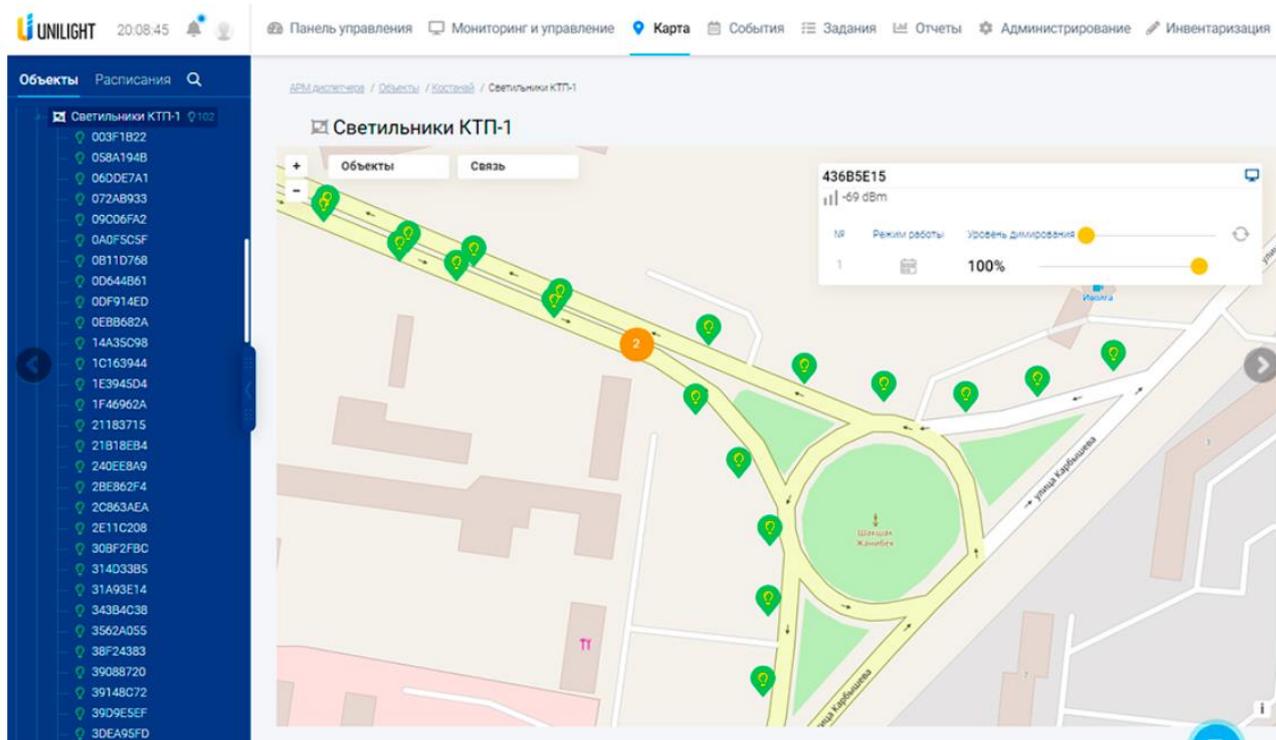


Рисунок 13 – Программное обеспечение Unilight

На рабочем месте диспетчера доступны все основные функции работы с ШУНО: переключение освещения, изменение режима работы, индикация состояния датчиков, наличие аварий, текущие показания прибора учета электроэнергии.

Разделение функций по вкладкам позволяет не перегружать основной интерфейс, а также ограничить доступ к отдельным модулям различным категориям пользователей.

Программное обеспечение способно управлять различными коммуникационными технологиями (NB-IoT/ LoRa /GSM), и в состоянии интегрировать аппаратные решения для управления уличным освещением от разных поставщиков. Кроме того, система может подключать и контролировать другие датчики и исполнительные механизмы с открытым протоколом, тем самым преобразуя инфраструктуру АСУНО «Unilight» в платформу «SMART CITY».

– Автоматическое управление уличным освещением (ВКЛ / ВЫКЛ и управление яркостью)

- Многопользовательский доступ через сеть Интернет
- Отображение текущего состояния объектов с индикацией всех необходимых данных (состояние входных и выходных фаз, показаний счетчика электроэнергии, текущей потребляемой мощности, расписания включения-выключения освещения, уровня напряжения, горения ламп, состояния охранной сигнализации и т.д.)
- Дистанционное управление наружным освещением по команде диспетчера с возможностью передачи команд как на один объект, так и группу объектов
- Дистанционное задание расписания горения как каждого светильника, так и группы светильников
- Диагностика, регистрация и логирование ошибок на объекте, формирование журналов событий
- Формирование отчетных документов с возможностью конвертации в MS Word, MS Excel, PDF, CSV
- Графическое отображение общих параметров системы, статистики работы
- Расширенная аналитика данных, инструменты отчетности и графики производительности с подробными возможностями фильтрации (отчеты о времени работы лампы, отчеты об энергосбережении, отчеты о состоянии освещения и т. д.)
- Многоязычный интерфейс

2.5 Интерактивная карта

Мониторинг на карте текущего состояния ШУНО, режима их работы, наличия ошибок или аварий позволяет упростить эксплуатацию сетей освещения, облегчить работу диспетчеров и обслуживающих бригад.

Управление шкафами можно осуществлять прямо с карты города, без необходимости переходить на страницы отдельных объектов (рисунок 14).

Умная кластеризация позволяет оценить наличие проблем в масштабах улицы, района, города.

Возможность инвентаризации: доступно нанесение линий освещения, опор и светильников с указанием всех необходимых параметров объектов освещения с последующим отображением на общей карте

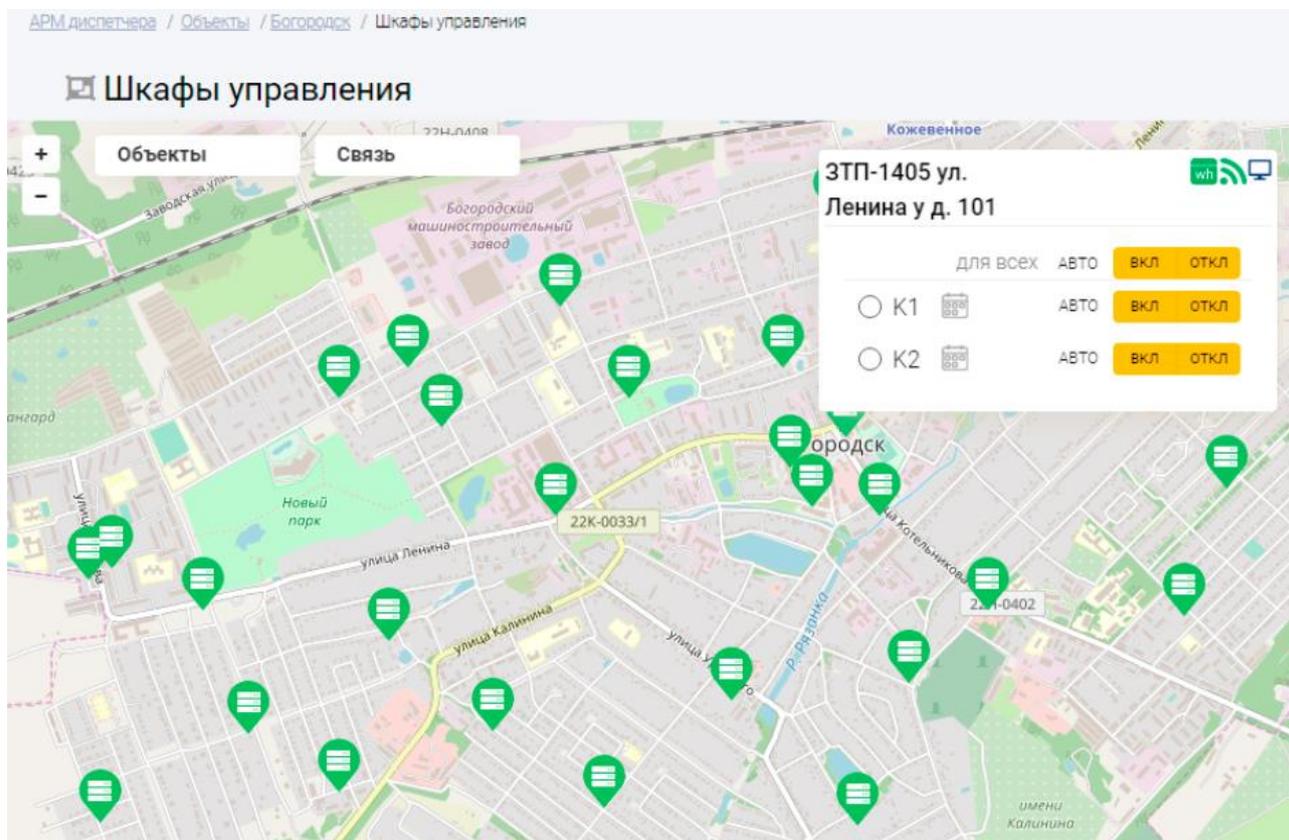


Рисунок 14 – Программное обеспечение Unilight (карта с расположением шкафов управления)

«Для индивидуальных шкафов доступен классический веб-интерфейс, каскадное представление, а также интерактивные мнемосхемы, которые позволяют визуально оценить состояние всех узлов ШУНО (рисунок 15).

Для групп шкафов помимо табличного представления доступно отображение в виде каскада и матрицы объектов, благодаря которой на одном экране помещается максимальное количество информации» [16].

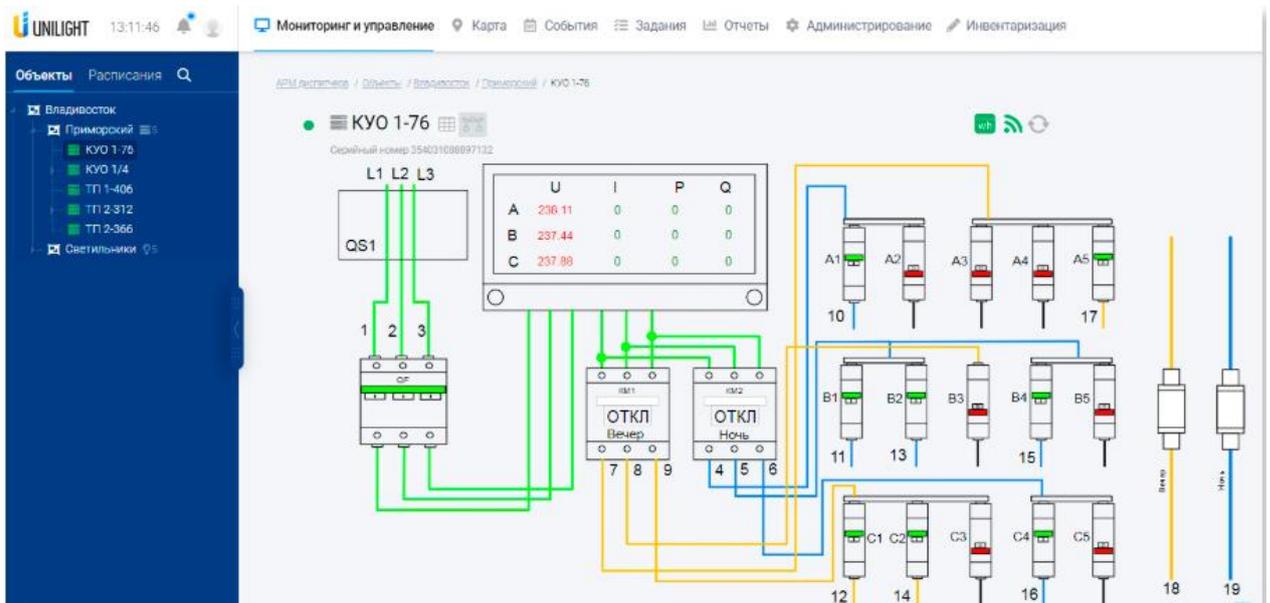


Рисунок 15 – Программное обеспечение Unilight (каскадное представление)

Данные хранятся за весь период работы ШУНО, с регулярным резервным копированием.

По накопленным данным доступны отчеты в табличном и графическом виде (рисунок 16):

- Показания
- Потребление по дням и за период
- Текущие и архивные мгновенные значения
- Срез по напряжению и току
- Инвентаризация оборудования
- Доступна выгрузка данных в форматы Excel, PDF, CSV, JPG, PNG

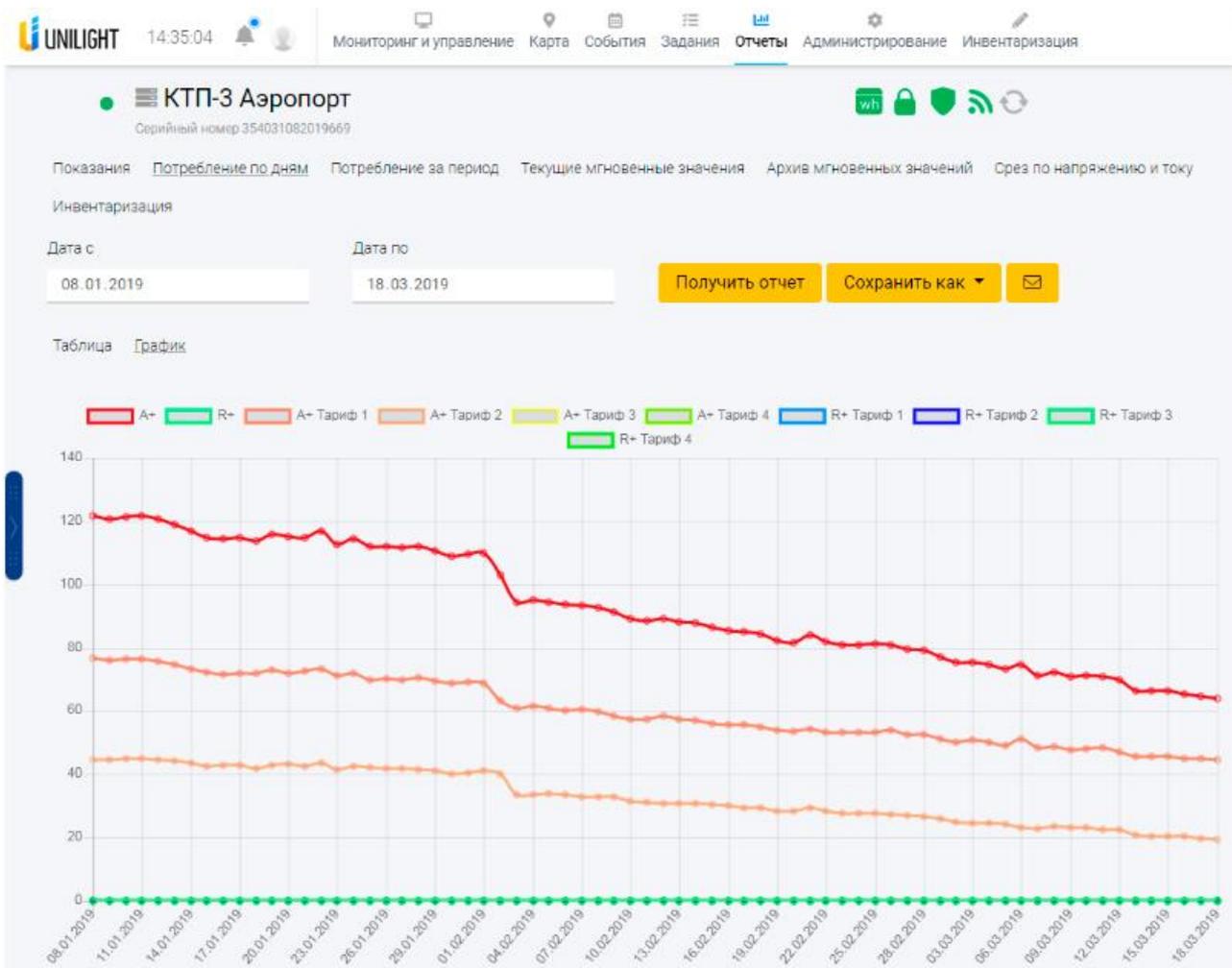


Рисунок 16 – Программное обеспечение Unilight (показания)

2.6 Модули индивидуального управления светильником

Устройство предназначено для управления световым потоком светильников с помощью беспроводной сети с использованием «облачной» инфраструктуры по каналам: GSM(3G), LoRa, NB-IoT. Управление реализуется в автоматическом режиме (по расписанию/датчику) или в ручном по команде диспетчера, а также есть возможность отслеживания состояния светильников на наличие аварий по обратной связи.

Система позволяет использовать любые виды светильников, оборудованные драйверами с протоколами управления 0/1-10 или DALI (рисунок 17):

– Температурный режим от -40 до +70

– Встроенные датчики: влажности, температуры, освещенности.



Рисунок 17 – Светильник с установленным модулем управления

Модуль индивидуального управления светильником Unilight NEMA

Устройство Unilight NEMA предназначено для управления световым потоком светильников на основе управляемых драйверов с протоколом DALI или 0/1-10 по беспроводной сети GSM в автоматическом режиме (по расписанию/датчику), либо в ручном по команде диспетчера, а также отслеживания состояния светильников на наличие аварий по обратной связи протокола DALI. По цифровому каналу DALI можно подключать до 16 драйверов (светильников) к одному модулю. Степень защиты модуля в установленном положении соответствует степени защиты IP65 по ГОСТ 14254-96 (рисунок 18).



Рисунок 18 – Модуль индивидуального управления светильником
Unilight NEMA

Функциональные возможности:

- Изменение светового потока светильника с помощью протоколов DALI, 0/1-10 в диапазоне 0 - 100% с шагом 1% .
- Работа по расписанию с возможностью установки изменения яркости светильника с точностью до 1 мин.
- Время начала выполнения команды на изменение яркости светильника – не более 10 секунд с момента передачи команды с любого интерфейса управления – Синхронизация времени по сети или GPS/GLONASS. Точность – до 10 с/день.
- Синхронизация времени по сети. Точность – до 10 с/день.
- Автоматическое определение местоположения модуля по GPS/ GLONASS.
- Наличие встроенного датчика освещенности и температуры (опционально).
- Возможность использования встроенной/внешней антенны (опционально).

- Возможность функционирования в автономном режиме (по расписанию/датчику), в ручном режиме по команде диспетчера.
- Поддержка до 16 независимо управляемых светильников на шине DALI.
- Выполнение ролей «Application controller» и «Bus power supply» в архитектуре «Single master» в соответствии с протоколом DALI (IEC 62386-207:2014).
- Определение аварийного состояния светодиодного светильника по протоколу DALI (IEC 62386), поддержка команд расширенной диагностики по протоколу DALI (IEC 62386-207:2014).
- Возможность дистанционного обновления, встроенного ПО устройства.
- Гарантированное восстановление работоспособности при неудачном обновлении встроенного ПО.
- Подтверждение (квитирование) выполнения любых команд управления, переданных от сервера.
- Автоматическая перезагрузка при зависании (watch-dog).
- Использование ограниченного доступа (логин/пароль) при доступе к устройствам системы и «облаку».

Технические характеристики:

- Габаритные размеры с учетом кабельных вводов, мм - 85×85×115.
- Канал управления модулем - 3G/2G/NB-IoT/LoRaWAN.
- Диапазон частот GSM, МГц - 850/900/1800/1900.
- Применение дополнительного оборудования – не требуется.
- Средний расход интернет трафика - 5МВ/мес.

Модуль индивидуального управления светильником Unilight BOX.

Устройство Unilight BOX предназначено для управления световым потоком светильников на основе управляемых драйверов с протоколом DALI или 0/1-10 по беспроводной сети GSM в автоматическом режиме (по расписанию/датчику), либо в ручном по команде диспетчера, а также отслеживания состояния светильников на наличие аварий по обратной связи протокола DALI. По цифровому каналу DALI можно подключать до 16

драйверов (светильников) к одному модулю. Степень защиты модуля в установленном положении соответствует степени защиты IP65 по ГОСТ 14254-96 (рисунок 19).



Рисунок 19 – Модуль индивидуального управления светильником Unilight BOX

Функциональные возможности:

- Изменение светового потока светильника с помощью протоколов DALI, 0/1-10 в диапазоне 0 - 100% с шагом 1%.
- Работа по расписанию с возможностью установки изменения яркости светильника с точностью до 1 мин.
- Время начала выполнения команды на изменение яркости светильника – не более 10 секунд с момента передачи команды с любого интерфейса управления – Синхронизация времени по сети или GPS/GLONASS. Точность – до 10 с/день.
- Синхронизация времени по сети. Точность – до 10 с/день.

- Автоматическое определение местоположения модуля по GPS/ GLONASS.
- Наличие встроенного датчика освещенности и температуры (опционально).
- Возможность использования встроенной/внешней антенны (опционально).
- Возможность функционирования в автономном режиме (по расписанию/датчику), в ручном режиме по команде диспетчера.
- Поддержка до 16 независимо управляемых светильников на шине DALI.
- Выполнение ролей «Application controller» и «Bus power supply» в архитектуре «Single master» в соответствии с протоколом DALI (IEC 62386-207:2014).
- Определение аварийного состояния светодиодного светильника по протоколу DALI (IEC 62386), поддержка команд расширенной диагностики по протоколу DALI (IEC 62386-207:2014).
- Возможность дистанционного обновления, встроенного ПО устройства.
- Гарантированное восстановление работоспособности при неудачном обновлении встроенного ПО.
- Подтверждение (квитирование) выполнения любых команд управления, переданных от сервера.
- Автоматическая перезагрузка при зависании (watch-dog).
- Использование ограниченного доступа (логин/пароль) при доступе к устройствам системы и «облаку».

Технические характеристики:

- Габаритные размеры с учетом кабельных вводов, мм - 140×107×55.
- Канал управления модулем - 3G/2G/NB-IoT/LoRaWAN.
- Диапазон частот GSM, МГц - 850/900/1800/1900.
- Применение дополнительного оборудования – установка базовых станций LoRa.
- Средний расход интернет трафика - 5MB/мес.

Модуль индивидуального управления светильником Unilight SR

Устройство Unilight SR предназначено для управления световым потоком светильников на основе управляемых SR-драйверов с протоколом

DALI по беспроводной сети в автоматическом режиме (по расписанию/датчику), либо в ручном по команде диспетчера, а также отслеживания состояния светильников на наличие аварий по обратной связи протокола DALI. Есть возможность подключения до 16 драйверов (светильников) к одному модулю. Степень защиты модуля в установленном положении соответствует степени защиты IP66 по ГОСТ 14254-96 (рисунок 20).



Рисунок 20 – Модуль индивидуального управления светильником Unilight SR

Функциональные возможности:

- Изменение светового потока светильника в диапазоне 0 - 100% с шагом 1%
- Работа по расписанию с возможностью установки изменения яркости светильника с точностью до 1 мин
- Время начала выполнения команды на изменение яркости светильника – не более 10 секунд с момента передачи команды с любого интерфейса управления – Синхронизация времени по сети или GPS/GLONASS. Точность – до 10 с/день • Синхронизация времени по сети. Точность – до 10 с/день
- Автоматическое определение местоположения модуля по GPS/ GLONASS
- Наличие встроенного датчика освещенности и температуры (опционально)

- Возможность функционирования в автономном режиме (по расписанию/датчику), в ручном режиме по команде диспетчера
- Возможность использования встроенной/внешней антенны (опционально)
- Поддержка до 16 независимо управляемых светильников на шине DALI
- Определение аварийного состояния светодиодного светильника, поддержка команд расширенной диагностики
- Возможность дистанционного обновления, встроенного ПО устройства
- Гарантированное восстановление работоспособности при неудачном обновлении встроенного ПО
- Подтверждение (квитирование) выполнения любых команд управления, переданных от сервера
- Автоматическая перезагрузка при зависании (watch-dog)
- Использование ограниченного доступа (логин/пароль) при доступе к устройствам системы и «облаку»

Технические характеристики:

- Габаритные размеры с учетом кабельных вводов, мм - 80×80×40
- Канал управления модулем - 2G/NB-IoT/LoRaWAN
- Диапазон частот GSM, МГц - 850/900/1800/1900
- Применение дополнительного оборудования – не требуется
- Средний расход интернет трафика - 5МВ/мес

2.7 Шкаф управления наружным освещением

ШУНО (рисунок 21) предназначен для:

- Автоматического, ручного или дистанционного управления сетями уличного освещения и осветительными установками производственных зданий, сооружений, территорий любых объектов с любыми источниками света (лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, люминесцентными и др.)
- Автоматического контроля и учета электроэнергии
- Автоматической передачи данных в диспетчерский пункт

Степень защиты: IP 54; IP 65

Различные варианты шкафов: 50А, 100А, 160А, 250А

Габариты: от 600х600х250

Сигнализация об аварийных ситуациях

Диапазон рабочих температур: от -45°С до +60 °С

Комплект поставки:

- Контроллер управления UNILIGHT
- Счетчик электрической энергии
- Силовое оборудование
- GSM-антенна



Рисунок 21 – Шкаф управления наружным освещением (ШУНО) «Unilight»

Технические характеристики шкафа управления наружным освещением (ШУНО) «Unilight» указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Шкаф управления Unilight

Характеристики	ШУНО Unilight 50 А	ШУНО Unilight 100 А	ШУНО Unilight -160 А	ШУНО Unilight 250 А
Количество фаз	3			
Количество контакторов, управляющих фазами	До 3-х			
Напряжение главной цепи, В	380			
Напряжение цепи управления, В	220			
Максимальный ток, А	50	100	160	250
Частота переменного тока, Гц	50			
Коммутационные аппараты	Контактор (максимальный ток 50 А)	Контактор (максимальный ток 95 А)	Контактор (максимальный ток 165 А)	Контактор (максимальный ток 265 А)
Прибор учета	Электронный счетчик 3-х фазный Меркурий 236 ART-02 PRS		Электронный счетчик 3-х фазный Меркурий 236 ART-03 PRS и трансформаторы тока на каждую из фаз	
Степень защиты	IP54			
Климатическое исполнение	УХЛ			
Категория размещения	3			
Габаритные размеры (Г×Ш×В), мм	600×600×250		1700×800×450	
Масса, кг	До 50	До 55	До 115	До 125
Диапазон рабочих температур, °С	-45 ... +60			
Защита от несанкционированного доступа	Внутренний механический замок, наружные петли для навесного замка			
Управление линиями освещения	По годовому графику, в автоматическом и ручном режиме с возможностью дистанционного включения и выключения			
Сигнализация об аварийных ситуациях	Несанкционированное вскрытие ШУНО, отсутствие входного напряжения, срабатывание защитной автоматики, отсутствие тока на отходящих фазах при включении освещения по расписанию или команде диспетчера			
Организация связи	Использование сети GSM (режимы SMS и GPRS)			
Учет электрических характеристик сети уличного освещения	3-х фазный учет электроэнергии (активной, реактивной – хранение предыстории получасовых энергий за 30 суток), замеры фазных токов и напряжений (дискретность – 15 минут) – данные за сутки, передача всех показаний на верхний уровень в автоматическом режиме и по запросу диспетчера			

Умный пешеходный переход -уникальный программно-аппаратный комплекс, позволяющий значительно увеличить безопасность пешеходов и снизить вероятность наезда автомобилей в зоне нерегулируемого пешеходного перехода (рисунок 22).

Система может успешно применяться на всех объектах повышенного риска столкновения с пешеходами, такими как:

- места, где предусмотрена остановка общественного транспорта;
- загородные трассы;
- жилые зоны;
- околошкольные территории.

Программное обеспечение Unilight:

- Интерактивная схема умного пешеходного перехода с отображением всех элементов и анимацией пешехода;
- Возможность создания системы мониторинга всех умных пешеходных переходов в городе;
- Индикация счётчика проходящих пешеходов и проезжающих автомобилей;
- Уведомления в случае неисправности оборудования;
- Уведомления в случае ДТП.

Состав комплекса:



Рисунок 22 – Умный пешеходный переход «Unilight»

2. 8 Выводы по разделу 2

1. Разработаны технические мероприятия по повышению надежности систем магистрального освещения на основе платформы Unilight.

2. Предложенные мероприятия позволят обеспечить автоматическое управление уличным освещением. Повысят надежность и долговечность сетей управления, а также уровень безопасности людей и движения; повысит качество и эффективность уличного освещения, освещения площадок; уменьшит эксплуатационные расходы, связанные с содержанием сетей управления уличным освещением; снизит финансовые затраты на оплату потребляемой электроэнергии наружным освещением.

3 Оценка экономической эффективности мероприятий по совершенствованию существующих сетей

3.1 Применение интеллектуальной системы управления наружным освещением и светодиодных светильников

Уличное освещение является неотъемлемой частью дорожной инфраструктуры и вносит решающий вклад в обеспечение безопасности дорожного движения в ночное время. Улучшенная визуальная среда позволяет водителям обнаруживать дорожные опасности и дорожно-транспортные конфликты на расстоянии, что позволяет своевременно принимать соответствующие меры. Существует консенсус в отношении статистических данных, свидетельствующих о том, что хорошая видимость проезжей части в ночное время значительно уменьшает число столкновений транспортных средств и смертельных исходов пешеходов.

Как основной компонент наружного освещения, уличное и дорожное освещение предлагает множество преимуществ, не связанных непосредственно с вождением. Освещение проезжей части и других зон может сдерживать преступную деятельность, увеличивая страх обнаружения, и создавая ощущение безопасности, которое повышает уверенность пешеходов. Освещение также привлекает внимание к уличным ландшафтам и усиливает эстетическую привлекательность архитектурных строений. С появлением Интернета вещей (IoT) наблюдается тенденция к преобразованию уличных фонарей в сетевые узлы для приема, сбора и передачи информации.

Сети наружного освещения во многих муниципальных образованиях Российской Федерации сильно изношены и устарели. Согласно федеральному закону №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 26 июля 2019 года)» каждое

муниципальное образование должно проводить мероприятия, направленные на снижение потребления электроэнергии.

Приоритетным направлением государственной политики развития энергетической инфраструктуры Российской Федерации является выполнение мероприятий, связанных с энергосбережением во всех сферах народного хозяйства. Потребление электроэнергии на освещение составляет 19% от общего потребления электроэнергии в мире. На освещение улиц и зданий приходится до 75% потребности в электричестве. Поэтому проблема энергосбережения в системах уличного освещения очень важна. Основным направлением развития светотехнической продукции является повышение требований к энергоэффективности и экологичности продукции и повышение производительности выпускаемой продукции. Уличные фонари оснащены современными электронными механизмами управления для контроля и управления.

Новые методы управления уличным освещением, основанные на сетевых технологиях, позволяют настраивать уличное освещение в режиме реального времени, научно обоснованным и динамичным образом. Это решение способно не только сэкономить большое количество электроэнергии, но и уменьшить загрязнение окружающей среды, связанное с выработкой электроэнергии.

Отчеты, представленные консалтинговыми фирмами, показывают, что к 2025 году ежегодные затраты на электроэнергию, производимые 340 миллионами уличных фонарей, как ожидается, достигнут от 23,9 до 42,5 миллиардов долларов. Эти цифры свидетельствуют о мотивации исследований, направленных на оптимизацию энергоэффективности наружного освещения. Они показывают, что даже небольшое улучшение может принести большие выгоды из-за масштабного эффекта. Разработка твердотельных осветительных установок позволяет проводить высокоэффективную модернизацию уличного освещения. Это позволяет добиться экономии энергии не только за счет замены ламп высокого

давления на светодиоды, но также за счет улучшения качества конструкции и введения динамического управления уличным освещением.

Благодаря усовершенствованиям компонентов системы освещения, основанным на технологии LED или OLED (органический светодиод), модернизация позволяет нам снизить потребление энергии как минимум на 40%. Из-за чрезвычайно низкого времени включения светодиодов и гибкости, они идеально подходят для проектирования освещения и для создания современных систем управления. В частности, светодиоды могут быть затемнены, так что уровень применяемой мощности можно точно отрегулировать в соответствии с фактическими потребностями, определяемыми состоянием окружающей среды (уровень трафика, наружное освещение и т.д.).

Как известно, появление новых технологий в системах уличного освещения позволяет получить большой экономический эффект. Практика показывает, что при их внедрении потенциал экономии электроэнергии в большинстве муниципальных систем уличного освещения может составлять более 50 %.

Кроме того, качественное уличное освещение обеспечивает жителям городов чувство безопасности и комфорта, что позволяет людям избавиться от «страха перед ночными улицами». Ярко освещенные улицы города в вечерние часы позволяют родителям не беспокоиться за безопасность детей, что дает возможность организовать их досуг оптимальным образом (посещение спортивных секций, музыкальных школ и т.д.).

Согласно статистическим данным повышение уровня освещенности напрямую влияет на криминальную обстановку в городе, снижая, число уличных преступлений. Снижение преступлений на улицах города в темное время суток является не только положительным социальным фактором, но и позволяет экономить бюджетные средства.

3.2 Модернизация существующей системы наружного освещения города Орла

В 2016 году компанией Unilight были проведены работы по модернизации существующей системы наружного освещения города Орла. В рамках энергосервисного контракта совместно с компанией ПАО “Ростелеком” реализован проект по установке 154 шкафов управления освещением Unilight. Развернута автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО). Общее количество светильников под управлением АСУНО – 11 000 штук.

Результаты:

- Возможность автоматического регулирования режимов включения и отключения в зависимости от длительности светового дня с формированием графика активности.
- АСУНО позволила аналитическим методом определить каскад, на котором возможны нарушение в работе элементов освещения, либо силовых цепей электропитания, а также формировать определенный набор статистических данных по нарушениям в сети освещения.
- Возможность пофазного управления линиями (отключения части светильников в ночное время, экономия 30%).
- Экономия эксплуатационных расходов за счёт дистанционного мониторинга состояния линий (до 50%).
- Отображение линий освещения на интерактивной карте.

3.3 Модернизация существующей системы наружного освещения города Нур-Султан, Казахстан

В 2017 году компанией Unilight проведены работы по модернизации уличного освещения с помощью масштабируемой системы с перспективой развития дополнительных сервисов в городе Нур-Султан, Казахстан.

На двух главных улицах г. Нур-Султан установлено 200 управляемых светодиодных светильника «Philips» с модулями «Nema GSM» для индивидуального управления и диммирования установлено 6 шкафов наружного освещения «UNILIGHT» проект был реализован к EXPO 2017, систему показывали президенту Казахстана.

Результаты:

- Экономия за счёт модернизации светильников – 35% при увеличении средней освещённости на 30-40%
- Дополнительная экономия от управления светильниками – 25% (за счёт диммирования)
- Автоматическое отображение каждого светильника и его статуса на карте за счёт наличия модуля GPS/ГЛОНАСС
- Снижение эксплуатационных расходов до 50% за счёт мониторинга состояния линий и каждого светильника
- Интеграция с фотокамерами, датчиками погоды, экологии, состояния дорожного полотна (в стадии реализации в рамках системы «UNILIGHT»)

Так как Нур-Султан позиционирует себя как современный город, для Акимата столицы был важен факт дальнейшей масштабируемости системы. После внедрения АСУНО есть возможность подключать дополнительные сервисы «Умного города» и осуществлять управление из единого диспетчерского пункта.

3.4 Модернизация существующей системы наружного освещения города Пскова

Полная реконструкция городского освещения была произведена в Пскове (рисунок 23). На центральных улицах и основных магистралях города было установлено более 1000 светодиодных, оборудованных модулями индивидуального управления Unilight, предоставляющими широкие потенциальные возможности для развития сервисов «умных городов».

Модернизация освещения в Пскове – самый крупный проект по уличному освещению, реализованный в России за последние годы: было установлено 10500 светодиодных светильников российского производства.

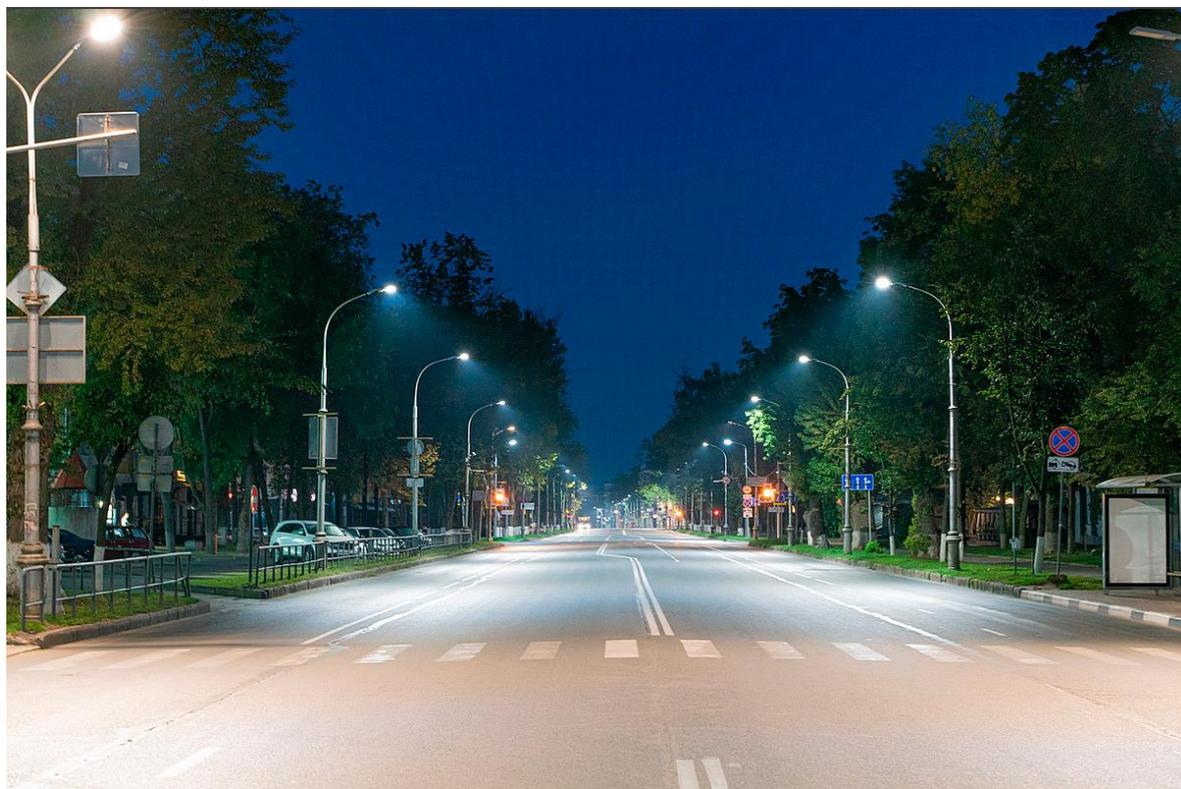


Рисунок 23 – Освещение в г. Пскове после реконструкции

Проект модернизации уличного освещения в Пскове начался в октябре 2018 года. Его первым этапом стал технический аудит города, на основе которого специалисты составили подробную интерактивную карту размещения опор освещения. Детальный анализ позволил максимально учесть требования каждой улицы города при индивидуальном подборе оптики и мощности светильников.

Для освещения города использовались три модели светодиодных светильников для наружного освещения Philips RoadFlair локальной сборки (Калининград). Созданные для освещения дорог всех классов, от федеральных трасс до городских улиц, они являются лучшим решением по классу светоотдачи. Также их отличает высокая эффективность – 130 Лм/Вт,

что позволило городу получить не только эффективное, но и качественное городское освещение.

Особое внимание в реализации проекта уделялось освещению пешеходных переходов. По статистике, наезд на пешехода – один из самых распространенных видов дорожно-транспортных происшествий. Для соответствия всем существующим нормам и в целях обеспечения безопасности на дорогах города были установлены светильники повышенной мощности с теплым белым светом. Обеспечивая максимальную освещенность, они позволят городским жителям чувствовать себя комфортнее и безопаснее во время вечерних прогулок.

Результаты:

- Возможность получать онлайн информацию о работе светильников. Возможность включать, выключать и регулировать яркость освещения, как всей сети, так и каждого светильника индивидуально с помощью облачного сервиса.
- Снижение уровня освещения до нуля в дневное время.
- Учет потребленных энергоресурсов.
- Мониторинг состояния оборудования, дистанционный сбор данных и параметров сети, отслеживание незаконных подключений.
- Контроль нагрузок и оперативный мониторинг в режиме реального времени.
- Возможность простого «наращивания» и масштабируемости системы.
- Возможность оповещения о чрезвычайных ситуациях через громкоговорители или раздачу Wi-Fi.
- Снижение энергопотребления на свет более 60%, что эквивалентно 39 млн. кВт·ч за весь срок контракта.

3.5 Примеры интеллектуальных световых решений в европейских городах и США

Широким спектром интеллектуальных световых решений уже воспользовались некоторые европейские города. Несколько примеров уличных и других решений для наружного освещения:

Город Копенгаген повысил энергоэффективность, снизил эксплуатационные расходы (экономия затрат на электроэнергию составляет приблизительно 60%), обеспечил возможность дистанционного управления освещением и контроля, и - как следствие - улучшил безопасность граждан.

В немецком городе Випперфюрт была установлена городская интеллектуальная сеть освещения, которая передает местную информацию на смартфоны граждан и посетителей через Bluetooth. С помощью загружаемого приложения пользователи смартфонов могут получить доступ к информации о местных розничных магазинах, специальных предложениях, информации о компаниях, помощниках в направлении к «умным» парковкам.

Лондонский Сити и район Баркинг и Дагенхэм развертывают более 28 000 интеллектуальных уличных фонарей с помощью решения «платформа как услуга» (PaaS – это Platform as a Service). Платформа обеспечивает 100% покрытие в плотной городской среде, где сотовая технология часто недоступна. Внедрение интеллектуального освещения поможет достичь целей энергосбережения, приведет к снижению эксплуатационных расходов, повышению надежности обслуживания и функционированию в качестве платформы для будущих приложений IoT.

Городской совет Бристоля, Великобритания, заменил свое первоначальное уличное освещение новым энергоэффективным решением, позволяющим существенно снизить эксплуатационные расходы, повысить безопасность и создать идеальные условия движения. Город заменил 20 000 уличных фонарей, что позволило сэкономить 1 миллион британских фунтов стерлингов в год.

В Сан-Хосе и Лос-Анджелесе (оба - США), а также в Барселоне (Испания) для обеспечения мобильной широкополосной связи используются интеллектуальные осветительные решения. Фонарными столбами можно управлять удаленно и предлагать точку доступа Wi-Fi, которая улучшает производительность мобильной сети по всему городу. Можно добавить дополнительную функциональность IoT.

Компания Milton Keynes, Великобритания, является отличным примером решений для наружного освещения в общественных местах. Здесь были установлены интерактивные уличные фонари с поддержкой Wi-Fi за пределами футбольного стадиона и арены для проведения мероприятий, которые оснащены 360-градусным светодиодным освещением и видеонаблюдением. Систему можно модернизировать для включения дополнительной функциональности.

3.6 Оценка экономической эффективности внедрения интеллектуальной системы освещения в г.о. Тольятти

Содержание и эксплуатация магистрального освещения улиц и дорог возмещают из бюджетных средств. Выполнение работ по ремонтно-эксплуатационному обслуживанию (РЭО) уличного (наружного) освещения магистральных улиц и дорог, улиц местного значения и кварталов городского округа Тольятти» в рамках муниципальной программы «Содержание и ремонт объектов и сетей инженерной инфраструктуры городского округа Тольятти на 2018-2022 годы».

Для реконструкции магистрального освещения улицы Революционной необходимо модернизировать 5 шкафов управления наружным освещением (N). Средняя коммутируемая мощность одного шкафа управления наружным освещением (P) составляет 15 кВт. Среднее время горения светильников за условные (среднегодовые) сутки (t) около 9 часов. При этом потребление электроэнергии системой освещения на 5 шкафах управления наружным

освещением за условные (среднегодовые сутки) будет равно 675 кВт·ч. Тогда годовое потребление электроэнергии системой магистрального освещения на 5 объектах – 246375 кВт·ч.

На рисунке 24 приведен график восхода и заката солнца в Тольятти на протяжении года. В соответствии с приведенным графиком составим график затемнения уличного освещения (рисунок 25).

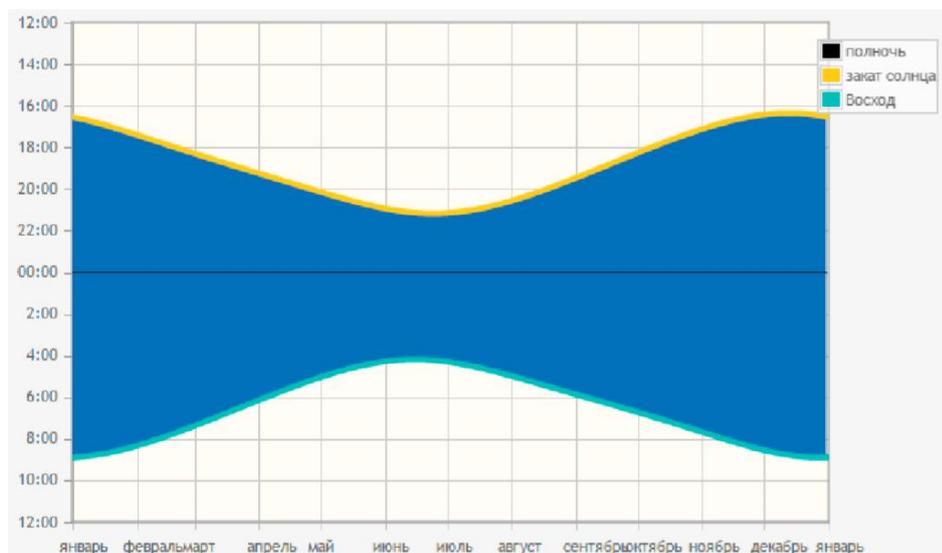


Рисунок 24 - График восхода и заката солнца в Тольятти на протяжении года

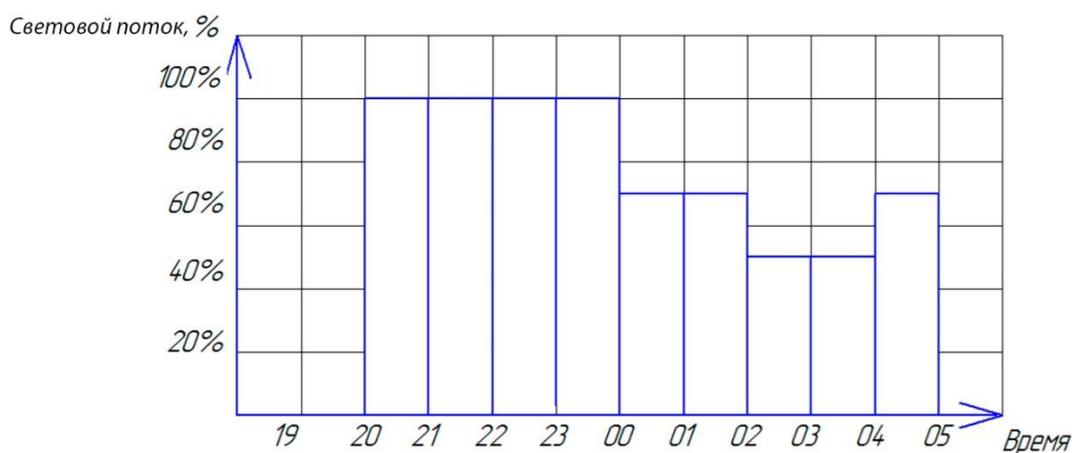


Рисунок 25 - График затемнения уличного освещения

Таким образом, среднее время горения светильников в пиковом (вечернем) режиме (t1) составляет 4 часа (20:00-24:00), среднее время

горения светильников в энергосберегающем (ночном) режиме (t_2) – 3 часа (24:00-2:00 и 4:00-5:00), среднее время горения светильников в энергосберегающем дежурном режиме (t_3) – 2 часа (2:00-4:00). Рассчитаем экономию электроэнергии за год. Текущее потребление электроэнергии сетью уличного освещения за условные (среднегодовые) сутки на 5 шкафах управления наружным освещением:

$$W_1 = N \cdot t \cdot P \quad (1)$$

$$W_1 = 5 \cdot 9 \cdot 15 = 675 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Плановое потребление электроэнергии сетью магистрального освещения за условные (среднегодовые) сутки при реализации интеллектуальной системы управления наружного освещения:

$$W_2 = N \cdot t_1 \cdot P + N \cdot t_2 \cdot P \cdot 2/3 + N \cdot t_3 \cdot P \cdot 1/3 \quad (2)$$

$$W_2 = 5 \cdot 4 \cdot 15 + 5 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 2/3 + 5 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 1/3 = 500 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Экономия электроэнергии за условные (среднегодовые) сутки составит:

$$dW = W_1 - W_2 \quad (3)$$

$$dW = 675 - 500 = 175 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Экономия электроэнергии за условные (среднегодовые) сутки составит 175 кВт·ч – это около 26%. Общая экономия электроэнергии за год на 5 шкафах управления наружным освещением улицы Революционной 63875 кВт·ч. При средней цене в 3,2 руб. за 1 кВт·ч экономия в денежном эквиваленте составит 204400 руб. в год.

В приведенной ниже таблице 5 предложены варианты замены традиционных ламп ДРЛ, ДРИ, ДНАТ на светодиодные светильники.

Таблица 5 – Варианты замены ламп на светодиодные светильники

Наименование	Мощность, Вт	Длина, мм (L)	Диаметр, мм (D)	Начальный световой поток, лм	Световой через 3 мес., лм	Световой через 1 год, лм	Аналог светодиодного светильника, ватт
ДРЛ 125	125	178	76	5 900	4130	2950	30-40
ДРЛ 250	250	228	91	13 500	9450	6750	50-80
ДРЛ 400	400	292	122	24 000	16800	12000	90-120
ДРЛ 700	700	357	152	41 000	28700	20500	150-200
ДРЛ 1000	1000	411	167	59 000	41300	29500	250-300
ДНаТ 100	100	211	48	9500	8075	6650	45-70
ДНаТ 150	150	211	48	15000	12750	10500	80-130
ДНаТ 250	250	250	48	28000	23800	19600	150-200
ДНаТ 400	400	278	48	48000	40800	33600	250-300
ДНаТ 1000	1000	390	48	130000	110500	91000	800-900

При использовании ламп ДНАТ существует еще одна существенная проблема, которую не любят упоминать производители и продавцы этих ламп. Дело в том, что для работы этого типа ламп необходим ПРА, что ещё более увеличивает потребляемую мощность. Кроме того, при деградации этих ламп возрастает рабочее напряжение (5-10 вольт на каждую 1000 часов), что ведет к перегреву изоляции или ПРА и выходу из строя светильника.

Как видно из приведенной выше таблицы лампу ДНаТ 250 Вт можно заменить светодиодной лампой мощностью 150-200 Вт без потери на качество освещенности дороги. Возьмем для расчёта светодиодный светильник мощностью 200 Вт. Экономия электроэнергии составит 20% от замены ламп ДНаТ на светодиодные светильники. Общая экономия электроэнергии за год на 5 шкафах управления наружным освещением с применением интеллектуальной системы и светодиодных светильников улицы Революционной составит 76650 кВт·ч. При средней цене в 3,2 руб. за 1 кВт·ч экономия в денежном эквиваленте составит 245280 руб. в год.

3.7 Выводы по разделу 3

1. Проведена оценка экономической эффективности мероприятий по совершенствованию существующих сетей. Самое важное для городов - это не

технология, которую они внедряют, а то, что эти решения могут существенно улучшить экономические, экологические и социальные результаты, которые города могут обеспечить для своих жителей. Жизнь в действительно умном городе должна быть «бесшовным» опытом, где интеллектуальные устройства обеспечивают видимость условий и услуг в режиме реального времени. Например, интеллектуальные камеры могут быть использованы для динамической оптимизации сигналов дорожного движения и / или направлять водителей к доступным местам парковки.

2. По оценкам экономической эффективности применения интеллектуальной системы освещения и светодиодных светильников общая экономия электроэнергии за год улицы Революционной составит на 5 шкафах управления наружным освещением составит 76650 кВт·ч. При средней цене в 3,2 руб. за 1 кВт·ч экономия в денежном эквиваленте составит 245280 руб. в год.

Заключение

На сегодняшний день вопрос экономии энергоресурсов остаётся наиболее животрепещущим во многих странах мира. Для России подобная ситуация тоже не нова: затраты на освещение улиц, муниципальных объектов и вообще в структуре жилищно-коммунального хозяйства сохраняют тенденцию к росту. В большинстве российских городов уличное освещение оставляет желать лучшего. На тротуарах всегда темно, а под фонарями цвета предметов искажаются до неузнаваемости. С технической точки зрения эту проблему может решить умное освещение. Переход на светодиодные светильники может помочь в достижении этой цели, обеспечивая немедленную экономию от 50 до 80 процентов за счет сокращения потребления энергии. Более того, установка интеллектуальных светильников может обеспечить дополнительную экономию за счет диммирования (снижение яркости в ночное время) – экономия до 50% энергии. Их также можно настроить на включение только при обнаружении движения, а затем затемнение или отключение после определенного количества времени. Помимо экономии денег, города получают расширенные функциональные возможности. Используя существующие опоры и торшеры, города и поставщики коммунальных услуг могут с минимальными затратами добавить широкий спектр оборудования и датчиков.

Умные уличные фонари могут помочь в мониторинге движения транспорта, парковки, пешеходных переходов, сейсмической активности или атмосферных изменений. Они могут быть оснащены динамиками для оповещения людей об опасных ситуациях или условиях; камерами, чтобы помочь полиции раскрыть преступления или проверить сбор мусора и другие действия. Благодаря этим возможностям города могут повысить эффективность работы, повысить удовлетворенность населения и снизить расходы. Кроме того, умные уличные фонари могут также открыть новые

возможности получения дохода, такие как аренда столбов для цифровых указателей и других услуг.

Раскроем отличия между традиционным и прогрессивным (умным) смарт-освещением:

– В то время как обычно требуется полноценная инспекция аварийных ситуаций, связанных с осветительной техникой, и привлечение ремонтных бригад с дежурными объездами, в случае применения «умной» концепции, сигнал о неисправности поступает автоматически. Система сама мониторит техническое состояние оборудования и заносит данные в базу. Все аварийные события, связанные с питанием (или отключением энергии), фиксируются, чтобы чётче прогнозировать ситуации в дальнейшем. В результате экономится время мастеров и топливо на объезды.

– Подвесные уличные светильники старого типа демонстрируют одинаковость работы при всех видах внешних условий, а смарт-техника самостоятельно реагирует на смену дня и ночи, продолжительность светового дня, освещённость прилегающей именно к данному осветительному прибору зоны. При этом она экономит энергию при отсутствии трафика в ночные часы и наоборот поддерживает высокий уровень освещённости в криминальных районах.

– Обслуживание старых единиц оборудования полностью организовано с использованием бумажного документирования событий, а «умные» системы самостоятельно отслеживают ситуацию и составляют карты маршрутов для выезда бригад на ремонты.

– Устаревшие методики учёта не позволяют правильно оценить энергопотребление. Например, в Германии и Норвегии уже почти 15 лет действует система биллинга, привязанная к потребителю, а не поставщику. То есть, тарифицируется не то количество энергии, которое было подано в сеть, а то, которое было реально потреблено и трансформировано в свет.

– Хотя все уличные приборы имеют высокий уровень защиты, светодиодные светильники с IP65 гораздо более стойко выдерживают

внешние явления. В равных условиях они служат дольше не только за счёт ресурса, исчисляемого десятками тысяч часов, но и благодаря фактическому уменьшению износа светоизлучающих элементов при ситуативном понижении освещённости.

Но, конечно, основные сложности начинаются при внедрении систем в реальные городские условия. По экспертным оценкам, около 80 процентов осветительных систем в России можно сделать более эффективными. Наше правительство уже сейчас ведёт планомерную работу по внедрению энергосберегающих технологий. Согласно федеральной целевой программе (ФЦП) «Энергосбережение России», на ближайшие годы перед городскими властями стоит задача повысить энергоэффективность уличного освещения на 50-60%. Системы умного уличного освещения здесь как нельзя кстати. Поскольку внедрение систем умного уличного освещения может быть достаточно обременительным для городских бюджетов, то сейчас в России все чаще говорят о необходимости заключать так называемые «энергосервисные контракты». Смысл здесь предельно прост: подрядчик за свой счет внедряет системы умного уличного освещения, а городские власти производят оплату в течение последующих 5-6 лет, используя для этих целей средства, сэкономленные из-за снизившегося энергопотребления. Ряд стран в Западной Европе и Азии уже запустил пилотные проекты в небольших городках. Даже первые результаты показывают, что наряду с экономией электроэнергии и снижением удельного числа аварий удалось также избежать перегрузок на путях сообщения, что неожиданно повлекло за собой повышение производительности труда и рост местных экономик.

По оценкам экономической эффективности применения интеллектуальной системы освещения и светодиодных светильников общая экономия электроэнергии за год улицы Революционной составит на 5 шкафах управления наружным освещением составит 76650 кВт·ч. При средней цене в 3,2 руб. за 1 кВт·ч экономия в денежном эквиваленте составит 245280 руб. в год.

Список используемых источников

1. Энергосберегающие технологии в промышленности: учеб. пособие / А.М. Афонин, Ю.Н. Царегородцев, А.М. Петрова, С.А. Петрова, 2 изд. М: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017.
2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 23.10.2018).
3. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001641> (дата обращения: 21.11.2018).
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей: [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865958> (дата обращения: 24.05.2019).
5. Новости Интернета вещей [Электронный ресурс]: URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/upravlenie-ulichnym-osveshcheniem-kogda-v-rossii-stanet-svetlo-po-umnomu> (дата обращения: 24.05.2019).
6. Школа для электрика [Электронный ресурс]: URL: <http://electricalschool.info/main/lighting/827-sistema-upravlenija-osveshheniem-dali.html> (дата обращения: 24.05.2019).
7. Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. В. Вахнина [и др.]; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. «Электроснабжение и электротехника». ТГУ. Тольятти: ТГУ, 2015. - 107 с.: ил. - Библиогр.: с. 78-79. - Прил.: с. 80-107. - ISBN 978-5-8259-0906-6
8. ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105703> (дата обращения: 24.04.2020).

9. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093488> (дата обращения: 02.04.2020).
10. ГОСТ Р МЭК 60598-2-3-99 Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 3. Светильники для освещения улиц и дорог [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026861> (дата обращения: 01.04.2020).
11. Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс]: электрон. учебно-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. "Электроснабжение и электротехника". ТГУ. Тольятти: ТГУ, 2016. 78 с.: ил. - Библиогр.: с. 76-78. - ISBN 978-5-8259-0929-5.
12. Коробов Г. В. Электроснабжение [Электронный ресурс]: Курсовое проектирование: учеб. пособие / Г. В. Коробов, В. В. Картавец, Н. А. Черемисинова; под общ. ред. Г. В. Коробова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. 192 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1164-1.
13. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Энергоиздат, 1981. 288 с.
14. Цакунов С.В. О разработке, финансировании и реализации программ модернизации городского освещения в Российской Федерации / С.В. Цакунов // Энергосовет, 2011, №2 (15). 57 с.
15. Гурьев А.В. Системы автоматизированного управления наружным освещением/Гурьев А.В., Букварев Е.А., Нижегородский государственный технический университет, информация компании ООО «НПО «МИР»».
16. АйТи Умный город [Электронный ресурс]: URL: <https://unilight.ru/> (дата обращения: 16.04.2020).
17. Signify [Электронный ресурс]: URL: <https://www.signify.com/ru-ru> (дата обращения: 20.04.2020).

18. Компэл [Электронный ресурс]: URL: <https://www.compel.ru/lib/82789> (дата обращения: 20.04.2020).
19. Гарант [Электронный ресурс]: URL: <http://ivo.garant.ru/> (дата обращения: 22.04.2020).
20. Хабр[Электронный ресурс]: URL: <https://habr.com/ru/company/smileexpo/blog/420905/> (дата обращения: 20.04.2020).
21. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: URL: <https://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 01.05.2020).
22. Википедия: [Электронный ресурс]: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 24.05.2020).
23. Docplayer [Электронный ресурс]: URL: <https://docplayer.ru//> (дата обращения: 02.05.2020).
24. Cygan S., Borowik B., Borowik B. Street lights intelligent system, based on the internet of things concept//Applied Computer Science. 2018. vol. 14, no. 1, pp. 5-15. Available at: <http://acs.pollub.pl/pdf/v14n1/1.pdf>.
25. Bellido-Outeiriñ F., Quiles-Latorre F., Moreno-Moreno C., Flores-Arias J., Moreno-García I., Ortiz-López M. Streetlight Control System Based on Wireless Communication over DALI Protocol// Sensors. 2016. 16(5):597. Available at: <https://www.doaj.org/article/815de727b8f54f46a05d84319fac3776>.
26. Sanguk P., Byeongkwan K., Myeong-in C., Seonki J., Sehyun P. A micro-distributed ESS-based smart LED streetlight system for intelligent demand management of the micro grid//Sustainable Cities and Society. 2018. vol. 39, pp. 801-813. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717304754>.
27. Rabaza O., Molero-Mesa E., Aznar-Dols F., Gómez-Lorente D. Experimental Study of the Levels of Street Lighting Using Aerial Imagery and Energy Efficiency Calculation// Sustainability. 2018. 10(12), 4365. Available at: <https://doi.org/10.3390/su10124365>.

28. Kovacs A., Bártai R., Csáji B., Dudás P. Intelligent Control For Energy-Positive Street Lighting//Energy. 2016. 114, 246. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306418573_Intelligent_control_for_energy-positive_street_lighting.
29. Filimonova A., Barbasova T., Shnayder D. Outdoor Lighting System Upgrading Based on Smart Grid Concept// Energy Procedia. 2017. 111, pp. 678-688. Available at: https://www.researchgate.net/publication/315999782_Outdoor_Lighting_System_Upgrading_Based_on_Smart_Grid_Concept.
30. Sędziwy A., Kotulski L. Towards Highly Energy-Efficient Roadway Lighting//Energies. 2016. 9(4):263 Available at: https://www.researchgate.net/publication/299537765_Towards_Highly_Energy-Efficient_Roadway_Lighting.
31. Капитанова А.А., Ахтямов Р.Ф., Бурусов В.В. Использование реклоузеров как автоматизированное управление распределительными сетями 6-10 кВ / Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» №11(54) 2018 - ISSN 2225-1545.
32. Ахтямов Р.Ф., Капитанова А.А., Бурусов В.В. Системы уличного освещения в умных городах / Международный научно-практический журнал «Экономика и социум» №11(54) 2018 - ISSN 2225-1545.
33. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (с изменениями на 13 сентября 2018 года). Утверждены приказом Минэнерго России от 13 января 2003 года N 6 <http://docs.cntd.ru/document/901839683>.
34. Рыбцов В.А., Ахтямов Р.Ф. Вольтодобавочный трансформатор как метод решения проблем по падению напряжения в распределительных сетях 0,4кВ/ Международный научно-практический журнал «Мировая наука» №9(18) 2018 - ISSN 2541-9285.
35. Бурусов В.В., Капитанова А.А., Ахтямов Р.Ф. Проблемы защиты данных управления киберфизических распределительных сетей 6-

- 10кВ/Научно-практическая конференция. Сборник студенческих работ.
«Студенческие дни науки в ТГУ» Тольятти, 1-30 апреля 2019
36. Капитанова А.А., Ахтямов Р.Ф. Сеть датчиков контроля и определения места повреждения для подземных распределительных линий/V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Сборник трудов. «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019)» Тольятти, 12-13 ноября 2019.
37. Ахтямов Р.Ф., Капитанова А.А., Черненко Ю.В. Умное уличное освещение/V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Сборник трудов. «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019)» Тольятти, 12-13 ноября 2019.