

ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

А.А. Сапронов, А.Ю. Никуличев, А.Г. Лещенко

1. Введение

Данный информационный материал посвящен вопросам управления утилитарным наружным освещением крупных инфраструктурных объектов, таких как населенные пункты и объекты транспортно-логистической инфраструктуры, изложен в доступной форме, ориентирован на широкий круг специалистов в области проектирования, производства, монтажа и эксплуатации осветительных приборов и сетей наружного освещения.

2. Термины, определения и сокращения

Объект наружного освещения – территория населенного пункта или автодороги, освещаемая естественным солнечным светом днем и стационарными электрическими осветительными установками с искусственными источниками света в темное время суток.

ИС – источник света (в данном материале - излучающий светодиод).

ОП – осветительный прибор.

СОП – светодиодный осветительный прибор.

ОУ – осветительная установка – совокупность СОП и технологических конструкций, предназначенная для целей наружного освещения.

АСУНО – автоматизированная система управления наружным освещением.

АРМ – автоматизированное рабочее место.

ЛВС ЦМУ – локальная вычислительная сеть центра мониторинга и управления.

ПК – персональный компьютер.

ПО – программное обеспечение.

СУБД – система управления базой данных.

PLC – технология передачи команд по электросети.

ШУО – шкаф управления освещением.

ЭПК – электросетевой приемник команд (модуль приема команд).

СП – свод правил.

СНиП – строительные нормы и правила.

СанПиН – санитарные правила и нормы.

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

ПТЭЭП – правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

РППР – регламент противопожарного режима.

3. Цель и задачи системы управления наружным освещением

Обеспечение действующих нормативов освещенности объектов наружного освещения с учетом их функционального назначения, режимов эксплуатации, жизненного цикла при соблюдении к средствам реализации цели требований

безопасности, надежности, энергоэффективности, минимизации инвестиционных и эксплуатационных затрат.

4. Нормативная база для решения целевых задач

Таблица 1 – Классификация нормативной базы

Категория	Содержание	Состав
Понятийная	Формулировка и трактовка терминов и определений	Межгосударственные, государственные, национальные, отраслевые стандарты, стандарты предприятия, федеральные, территориальные, отраслевые единичные расценки на выполнение работ и др.
Нормировочная	Параметры, подлежащие нормированию и их значения с учетом последующей эксплуатации	
Методическая	Способы (методы), методики расчета, измерения, обеспечения нормированных параметров в том числе с учетом последующей эксплуатации	
Технологическая	Рекомендуемые или обязательные к применению технологии и технические решения	
Совмещенная	Описывающая несколько категорий одновременно	Постановления Правительства РФ, ведомственные инструкции, методические указания, письма и приказы, СП, СНиП и СанПиН, ПУЭ, ПТЭЭП, РППР и др.

Наиболее актуальные нормативные документы:

ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования.

ГОСТ Р 33176-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Горизонтальная освещенность от искусственного освещения. Технические требования.

ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям безопасности дорожного движения. Методы контроля.

ГОСТ Р 58463-2019 Автоматизированные системы управления освещением автомобильных дорог и тоннелей. Требования к регулированию освещения.

СП 52.1330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85.

СН 541-82 Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов.

5. Способы решения основных целевых задач

Приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Способы решения основных целевых задач

Целевая задача	Нормативная база	Способы решения	Возможные ограничения
Достижение уровня освещенности на объекте	ГОСТ Р 52766-2007 ГОСТ Р 33176-2014 ГОСТ Р 58463-2019 СП 52.1330.2016 СП 34.13330.2012 СН 541-82	Светотехнический расчет с учетом необходимого количества и типа опор (мачт и др.), а также устанавливаемых на них СОП.	
Соблюдение уровня освещенности в процессе эксплуатации СОП	ГОСТ Р 50597-2017	Своевременное выявление и устранение неисправностей в работе СОП и других элементов системы освещения.	Стоимость Инфраструктура
Снижение энергопотребления в процессе эксплуатации (дополнительное повышение энергоэффективности)	Определяется техническим заданием в соответствии с ГОСТ Р 58463-2019 СП 52.1330.2016 СП 34.13330.2012	Отключение части СОП. Диммирование СОП. Оптимизация графика работы освещения. Сокращение потерь электроэнергии за счет отмены визуальной диагностики СОП. Исключение коммерческих потерь.	Условия эксплуатации Функционал Надежность Безопасность
Снижение эксплуатационных затрат	Определяется техническим заданием	Удаленный мониторинг технологических параметров. Автоматическое выявление неисправных СОП, обрывов линий освещения и других неисправностей. Выявление несанкционированных	

		подключений к сети освещения.	
--	--	-------------------------------	--

6. Нормативы для решения основных целевых задач

Приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Нормативы для решения основных целевых задач

Целевой показатель	Объект освещения	Нормативная база	Способ достижения	Нормативное ограничение	
Соблюдение уровня освещенности в процессе эксплуатации	Улично-дорожная сеть в населенных пунктах	ГОСТ Р 50597-2017	Устранение дефектов стационарного электрического освещения	Сроки устранения (указаны в таблице 4)	
	Автомобильные дороги вне населенных пунктов				
Снижение энергопотребления в процессе эксплуатации	Улично-дорожная сеть в населенных пунктах	СП 52.1330.2016	Снижение мощности СОП на 30%	В ночное время при уменьшении интенсивности движения до 1/3 максимального значения	$L_{ср} > 0.8$ кд/м ² или $E_{ср} > 15$ лк
			Снижение мощности СОП на 50%	В ночное время при уменьшении интенсивности движения до 1/5 максимального значения	Запрещено на пешеходных переходах
		ГОСТ Р 52766-2007 ПУЭ	Отключение 50% СОП или снижение уровня освещения на 50% регулятором	В темное время суток. Интенсивность движения пешеходов менее 40 чел/час и транспортных средств менее 50 ед/час в	Запрещено отключать при их установке по одному на опоре (два смежных) и на пешеходных переходах

			светового потока	обоих направлениях	
Автомобильные дороги вне населенных пунктов	ГОСТ Р 58463-2019	Снижение мощности СОП или ОУ на 30%	В ночное время. Интенсивность движения до 1/3 максимального значения	В ночное время. Интенсивность движения до 1/5 максимального значения	$L_{ср} > 1$ кд/м ² или $E_{ср} > 10$ лк Запрещено в местах, требующих повышенного внимания участников дорожного движения.
		Снижение мощности СОП или ОУ на 50%	В ночное время. Интенсивность движения до 1/5 максимального значения		
	СП 34.13330.2012	Отключение не более 50% СОП	В ночное время.		

Примечание: Снижение светового потока СОП возможно путем снижения его общей мощности или отключением одного или нескольких ИС в составе СОП, а для ОУ - путем снижения общей мощности всех или отдельных СОП в составе ОУ или отключением одного или нескольких СОП в составе ОУ.

$L_{ср}$ – средняя яркость и $E_{ср}$ – средняя освещенность дорожного покрытия соответственно.

Таблица 4 – Сроки устранения дефектов наружного освещения (ГОСТ Р 50597-2017)

Наименование дефекта	Вид дефекта	Категория дороги	Группа улиц	Пешеходный переход	Сроки устранения, сут., не более
Наличие неработающих ОП	Доля неработающих ОП составляет более 5% от их общего количества.	-	А, Б	-	1
		-	В, Г	-	2
	Два и более неработающих ОП расположены один за другим. Неработающий ОП на пересечении, съезде (въезде) транспортной развязки, на остановочном пункте маршрутных транспортных средств и пешеходном переходе в одном уровне.	1А, 1Б	Д, Е	-	3
		1В, II	-	-	4
		III - V	-	-	5
	-	-	-	Для всех категорий дорог и групп улиц	1

Отказы в работе ОУ	Обрыв, нарушение целостности электрических проводов, повреждение опор, поломка электрораспределительных щитов и т.п.	Для всех категорий дорог и групп улиц	1
--------------------	--	---------------------------------------	---

Анализ информации таблиц 3 и 4 позволяет сделать вывод:

комплексное решение целевых задач при управлении наружным освещением с соблюдением требований нормативных документов возможно, если в АСУНО, кроме прочих реализованы функции:

- индивидуального (группового) диммирования СОП;
- индивидуальной диагностики СОП («полампового» контроля).

7. Структура АСУНО

Конкретная структура АСУНО и способы взаимодействия ее элементов определяются требованиями нормативных документов и технического задания, географическими особенностями и спецификой инженерной инфраструктуры территории, на которой находится объект освещения, надежностью, стоимостью технической реализации и эксплуатации варианта этой структуры АСУНО и другими факторами.

В общем случае для АСУНО можно выделить следующий инфраструктурный состав (см. таблицу 5).

Таблица 5 - Инфраструктурный состав систем наружного освещения

Назначение	Состав
Освещение	ИС, СОП, ОУ
Инженерия	Опоры, мачты, конструкции, канализация, крепеж и др.
Электроснабжение	Линии и пункты питания, распределительные щиты и др.
Измерение	Счетчики электроэнергии, измерительные трансформаторы тока и напряжения, датчики освещенности, контроля доступа, задымления, температуры и др.
Мониторинг и управление	Устройства ввода и преобразования информации, задатчики управляющих воздействий, исполнительные устройства, специализированные контроллеры и др.
Связь	Проводные и беспроводные каналы связи, модемы, приемники команд, каналобразующая аппаратура и др.
Хранение, обработка и обмен данными	АРМ диспетчеров на базе ПК, планшета, смартфона с соответствующим ПО, сетевое и серверное оборудование или дата центр с СУБД и специализированным ПО и др.

Анализ действующих нормативных документов, определяющих структуру АСУНО показал, что в них имеются как взаимные противоречия, так и несоответствия

современным техническим решениям, позволяющим эффективно реализовать инфраструктурный состав АСУНО (см. таблицу 5). Так, например, в Инструкции по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов СН 541-82, а также в ПУЭ отмечается, что управление сетями наружного освещения должно быть централизованным — телемеханическим или дистанционным и строиться по каскадному принципу, который поясняется рисунком 1. Включение каждого последующего каскада осуществляется при появлении напряжения на линии освещения предыдущего каскада. Сокращения на рисунке: ДП – диспетчерский пункт; ГПП – головной пункт питания; КПП1, КПП2 – 1-й и 2-й каскадные пункты питания; ТП – трансформаторные подстанции.

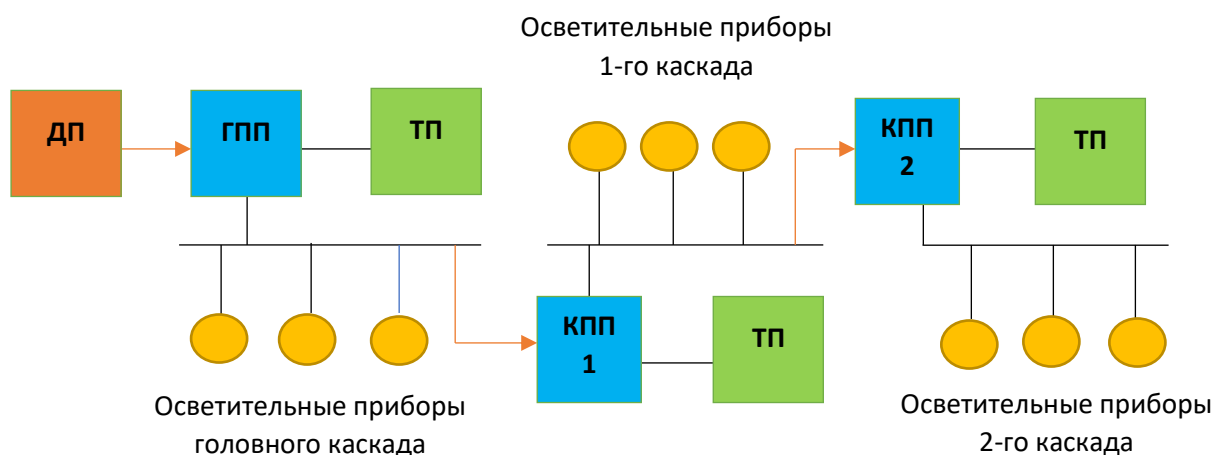


Рисунок 1 – Каскадная телемеханическая схема управления наружным освещением

В той же инструкции СН 541-82 указано, что систему управления наружным освещением следует выбирать в зависимости от количества жителей в населенном пункте. При этом должно предусматриваться:

- **централизованное телемеханическое управление** при количестве жителей более 50 тыс. При этом должны передаваться на исполнительный пункт приказы управления:

- включить все освещение;
- включить (отключить) часть освещения;
- отключить все освещение;

на диспетчерский пункт — сигналы состояния:

- включено все освещение;
- включена (отключена) часть освещения;
- отключено все освещение;
- несоответствие состояния освещения посланному приказу и неисправность в сети наружного освещения.

Должен быть также предусмотрен контроль исправного состояния каналов связи между диспетчерским и исполнительными пунктами с выводом сигнала на диспетчерский пункт.

- **централизованное телемеханическое или дистанционное управление** при количестве жителей от 20 до 50 тыс.;

- **централизованное дистанционное управление** при количестве жителей до 20 тыс.

В системах централизованного дистанционного управления должно обеспечиваться управление коммутационными аппаратами фаз ночного и вечернего режимов головных пунктов питания каскадированных сетей наружного освещения и контроль их состояния по наличию напряжения на конце каскада с выводением на пульт управления световой и звуковой сигнализации.

В качестве каналов связи в системах централизованного телемеханического управления наружным освещением следует, как правило, применять прямые телефонные провода, каналы высокочастотного или тонального уплотнения городских электросетей высокого и низкого напряжений, а также специально прокладываемых проводных линий связи.

Согласно СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*) управление сетями наружного освещения автодорог следует предусматривать централизованным дистанционным или использовать возможности установок управления наружным освещением ближайших населенных пунктов или производственных предприятий.

Согласно ПУЭ, способы и технические средства для систем централизованного управления наружным освещением должны определяться технико-экономическими обоснованиями.

Следует отметить, что каскадный принцип управления наружным освещением морально устарел, ненадежен, затратен и во многом не соответствует требованиям других введенных в действие нормативных документов, в том числе общим требованиям к созданию интеллектуальных АСУНО для населенных пунктов и автомобильных дорог.

Поэтому, для создания АСУНО, комплексно решающих целевые задачи (см. п. 6), все чаще применяются иные, отличные от описанных выше, способы организации структуры АСУНО и способы взаимодействия ее функциональных элементов.

Более эффективной считается такая структура АСУНО, которая не зависит от надежности работы связей каскадов и учитывает инфраструктурную специфику функционирования каждого из участков (объектов) освещения населенного пункта или автодороги, входящих в общую систему наружного освещения населенного пункта или автодороги. При этом время включения и выключения освещения каждого участка, а также временные интервалы, уровни диммирования и адреса (номера) СОП, участвующих в этих процессах, задаются на этапе пусконаладки

(настройки) АСУНО и могут корректироваться в процессе ее эксплуатации. В качестве примера, на рисунке 2 показана структура энергоэффективной АСУНО производства ООО «Лайт-09».

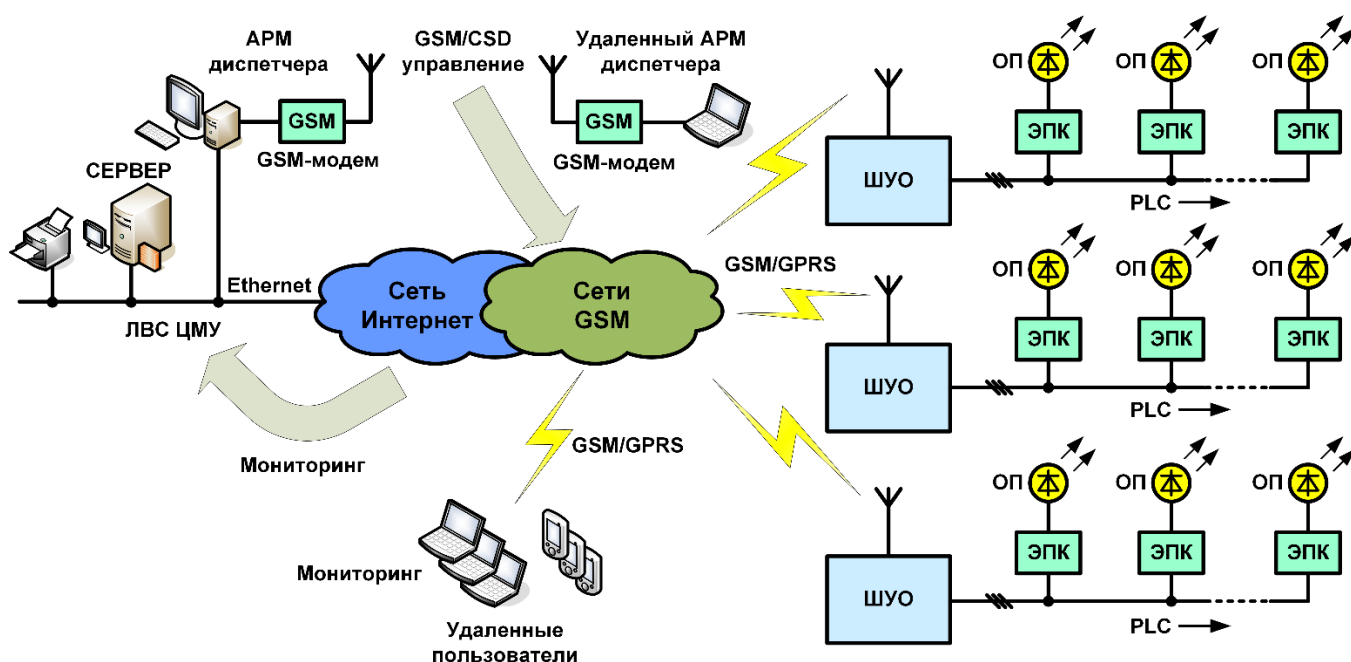


Рисунок 2 – Энергоэффективная АСУНО «Лайт-09»

Как видно из рисунка, структура АСУНО является иерархической и имеет три уровня:

- нижний уровень – СОП, оснащенные ЭПК (модулями приема адресных команд);
- средний уровень – ШУО, работающие, в основном, автономно по астрономическому таймеру и по команде диспетчера из АРМ ЛВС ЦМУ;
- верхний уровень - ЛВС ЦМУ со своими пользователями и управляющим АРМ диспетчера (локальным или удаленным).

В качестве каналов связи используются:

- между ШУО и СОП – провода электрической сети (передача адресных команд на СОП от ШУО);
- между ЛВС ЦМУ и ШУО – GSM-сеть (авторизованное управление любым ШУО в режиме CSD/GSM и сбор телеметрии в режиме UDP/GPRS). Удаленные пользователи имеют авторизованное Интернет-подключение к СУБД на сервере ЛВС ЦМУ. Удаленный АРМ диспетчера имеет возможность авторизованного управления любым ШУО в режиме CSD/GSM.

Такая структура и используемый запатентованный адресный способ управления режимами СОП по проводам электрической сети позволяют без создания дополнительных инфраструктурных надстроек (прокладка дополнительных сигнальных проводов, организация специальных радиоканалов и т.д.), эффективно решить все целевые задачи управления наружным освещением, в том числе недоступные для каскадной структуры АСУНО.