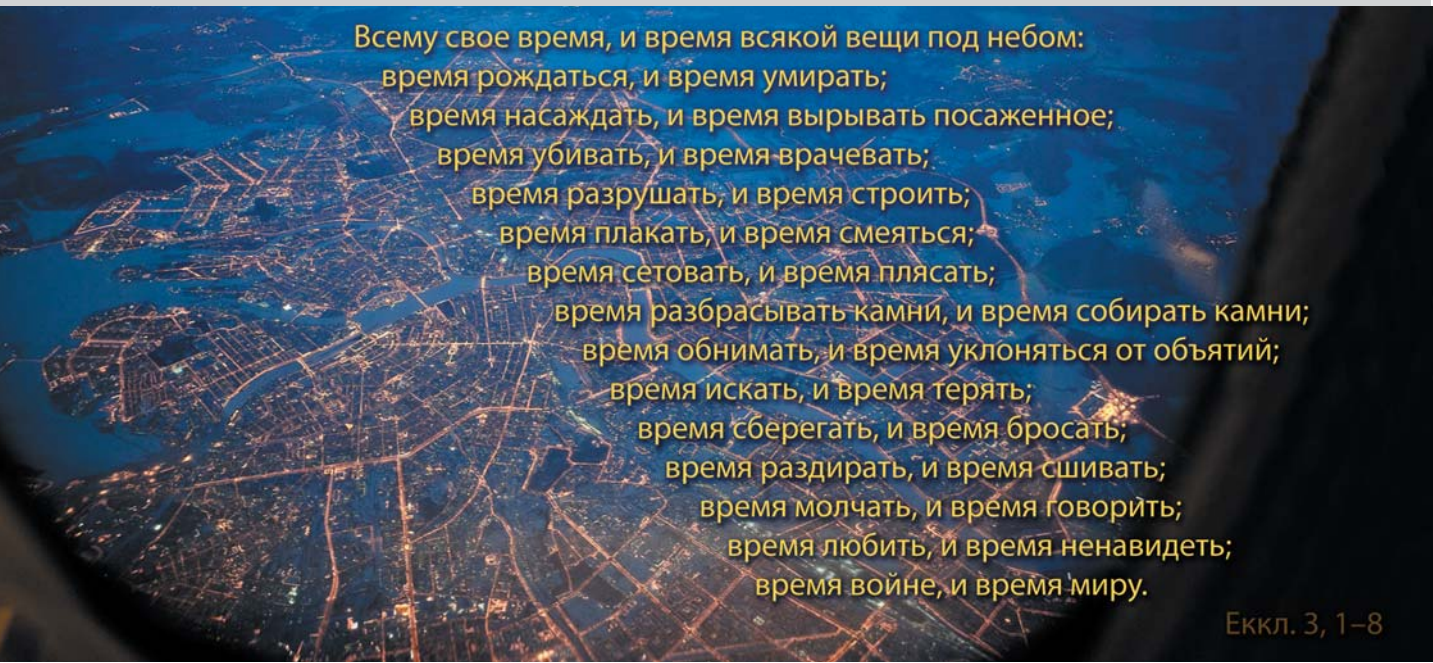


ОЛЕГ ЗОТИН
o_zotin@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ГОРОДСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ. ОТ РЕТРОСПЕКТИВЫ К ПЕРСПЕКТИВЕ ЧАСТЬ 3. К ВОПРОСУ О СИНТЕЗЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

В первых двух частях статьи были рассмотрены вопросы освещения открытых городских пространств, занимавшие умы выдающихся инженеров на протяжении столетий. В третьей части постараемся пролить свет и открыть глаза на историю возникновения и развития концепции интеллектуального наружного освещения (ИНО), которая постепенно становится ведущим трендом в городском освещении XXI в.



Всему свое время, и время всякой вещи под небом:
время рождаться, и время умирать;
время насаждать, и время вырывать посаженное;
время убивать, и время врачевать;
время разрушать, и время строить;
время плакать, и время смеяться;
время сетовать, и время плясать;
время разбрасывать камни, и время собирать камни;
время обнимать, и время уклоняться от объятий;
время искать, и время терять;
время сберегать, и время бросать;
время раздирать, и время шивать;
время молчать, и время говорить;
время любить, и время ненавидеть;
время войне, и время миру.

Еккл. 3, 1–8

ВСТУПЛЕНИЕ С ОТСТУПЛЕНИЯМИ

*И, не пуская тьму ночную
На золотые небеса,
Одна заря сменит другую
Спешит,
дав ночи полчаса.*
А. Пушкин

N.N.

В последние десятилетия предлагалось множество проектов городского освещения, вплоть до самых фантастических. Среди них есть даже проекты с использованием орбитальных отражателей солнечного света. Эта концепция в свое время прорабатывалась К. Э. Циолковским [1] и пионерами ракетостроения Ф. Э. Цандером и Г. Обертом. Подробные

расчеты и предложения по созданию космического зеркала, называемого Лунеттой, были сделаны еще в начале космической эры [2].

Первые шаги по реализации этой фантастической идеи были предприняты в РКК «Энергия» им. С. П. Королева. В материалах РКК [3] были конкретизированы характеристики Лунетты, необходимые для

получения на ночной части земной поверхности светового пятна со средней освещенностью около 40 лк и диаметром $d_{c.n.} = 5...8$ км (рис. 1), что примерно соответствует городу с населением 100 тыс. чел. Наиболее экономным решением этой задачи при современном уровне развития техники считается создание группировки управляемых рефлекторов диаметром $d_p \approx 200$ м на круговой орбите высотой $H = 1658$ км (т. н. двухчасовая орбита). Освещенность создаваемого пятна при безоблачном небе превысит нормированное значение для городских улиц категории А, которая составляет, в соответствии со сводом правил искусственного освещения, 30 лк [4]. При этом, поочередно перенацеливая рефлекторы, возможно дополнительно осветить еще три-четыре географически разнесенных крупных объекта на темной стороне Земли.

На начальном этапе реализации этого масштабного проекта было запланировано решение двух первоочередных задач. Первая — создание рефлектора с минимальной массой, вторая — его развертывание из транспортного положения на космическом корабле-носителе. В РКК «Энергия» была разработана конструкция бескаркасного отражателя из полимерной металлизированной пленки, вес одного квадратного метра которой не превосходит нескольких грамм. Разворачивание пленки на орбите в рабочее положение и поддержание необходимой формы рефлектора обеспечивается без каких-либо дополнительных элементов конструкции, только за счет вращения космического аппарата.

В 1993 и 1999 гг. были проведены два демонстрационных эксперимента по разворачиванию пленочных рефлекторов в рамках проектов «Знамя-2» и «Знамя-2.5». Отражатели имели форму круга с диаметрами $d_{p2} = 20$ м и $d_{p2.5} = 25$ м соответственно. В качестве носителей использовались космические аппараты «Прогресс М», задействованные после выполнения ими основной миссии — доставки груза на пилотируемый научно-исследовательский орбитальный комплекс «Мир».

При последующих запусках потребуется не только создать более крупный отражатель, но и обеспечить точное попадание и удержание отраженного излучения на заданном

районе земной поверхности при орбитальной скорости перемещения около 7 км/с. Наиболее экономно это обеспечивается разворотом оси вращения космического аппарата силовыми гироскопами. Необходимо также предусмотреть быстрое перенацеливание отражателей с одного объекта на другой. Впрочем, аналогичные задачи успешно решаются на спутниках дистанционного зондирования Земли. Для обеспечения длительного функционирования на орбите необходимо будет также обеспечить устойчивость отражателя к воздействию микрометеоритов, космического мусора и к осаджению пыли.

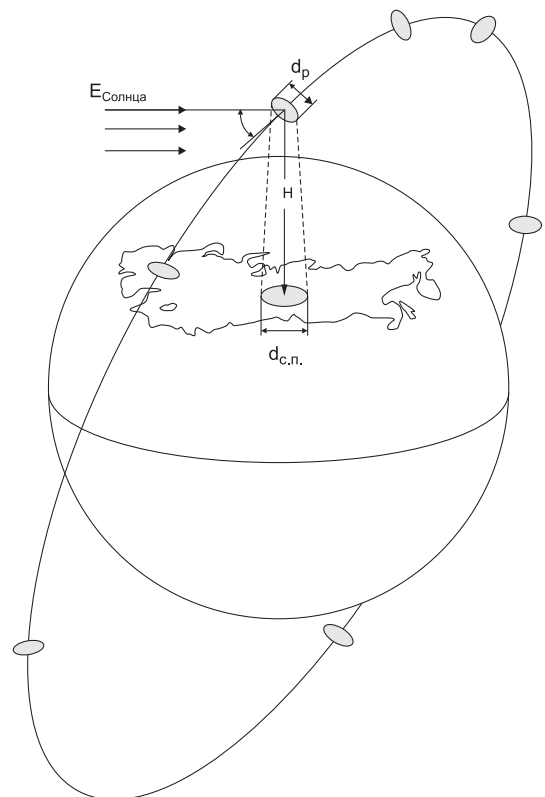
Переотражение солнечного света на отдельные участки Земли космическими рефлекторами может быть весьма полезно для объектов в высокоширотных районах, особенно в условиях полярной ночи, что актуально в целях дальнейшего освоения Арктики. При необходимости отражатели смогут также подсветить места стихийных бедствий и техногенных катастроф для обеспечения поисково-спасательных и аварийно-восстановительных работ на суше и на море практически в любой точке земной поверхности. Кроме этого, группировку отражателей можно использовать для оперативной подсветки мест добычи полезных ископаемых, строительных и производственных площадок. Возможны также и различные варианты специального применения Лунетты, например освещение театра военных действий против террористических группировок с эффективностью, существенно превосходящей эффективность применения световых авиабомб. Обсуждается даже возможность «светоснабжения» в ночное время наземных солнечных электростанций. Предварительный экономический расчет, проведенный консорциумом «Космическая регата» [5], подтвердил возможность реализации проекта в недалеком будущем.

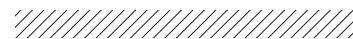
Возвращаясь на Землю, к современному состоянию городского освещения, можно констатировать, что основным направлением его развития в течение последних десятилетий (если не столетий) являются попытки приближения качественного уровня искусственного освещения в зонах активной ночной жизни к уровню естественного солнечного освещения. Каждая такая локальная

зона освещается своим «точечным» светильником-«мини-солнышком» или группой светильников. Сопреженные зоны образуют сплошное поле освещения улиц и площадей. При наличии централизованного электроснабжения освещаемого района электрические светильники довольно рационально «нализываются» на воздушную или подземную электросеть, прокладываемую вдоль улиц, образуя, таким образом, линии освещения (ЛО). «Куст» таких линий получает электроэнергию от пункта питания системы освещения (ПП).

ПП, в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ), подключается к трехфазному понижающему трансформатору, установленному на ближайшей трансформаторной подстанции и выделенному для уличного освещения. В крупных городах к одному ПП подключаются 100–150 уличных светильников. Обслуживание такого наружного освещения (НО) заключается не только в своевременном включении света вечером и выключении утром, а также замене перегоревших лампочек, но и в поддержании исправного состояния всей этой сети.

РИС. 1. ▼
Освещение объектов на поверхности Земли с помощью космических отражателей





Характерно, что обслуживание самого первого типа городского освещения — масляного, а затем и керосинового, как уже было отмечено в первой части статьи, осуществлялось фонарщиками, которым приходилось передвигаться с приставной лестницей от фонаря к фонарю. Процедура последовательного зажигания фонарей была настолько обидной, что даже попала в учебники арифметики в виде задачи на вычисление времени «включения» освещения улицы при известном их расположении, скорости движения фонарщика и времени зажигания каждого фонаря. Отметим, что в дневное время фонарщику приходилось также заниматься обслуживанием светильников, подливая в них масло (керосин) и очищая фитили от нагара. На одного фонарщика приходилось всего лишь несколько десятков фонарей, в противном случае зажигание света растягивалось бы на недопустимо большое время.

Внедрение следующей основной технологии городского НО — газового освещения — внесло революционное изменение в автоматизацию доставки топлива к светильнику по газопроводу, который и стал системообразующим элементом для создаваемых ЛО. Первоначально газовые горелки зажигал тот же фонарщик, используя шест с запальным факелом, гашение же светильников осуществлялось автоматическим прекращением подачи газа. Затем удалось автоматизировать не только гашение, но и зажигание фонарей, используя давление газа в качестве управляющего воздействия. При этом гашение обеспечивалось специальным регулятором, отсекающим подачу газа в горелки фонаря при уменьшении давления газа до минимума. Оставался гореть лишь специальный запальный огонек, подключенный к основному газопроводу, который и обеспечивал поджигание основных горелок после восстановления давления в газопроводе и открывания регулятора. В результате внедрения этой технологии удалось полностью отказаться от профессии фонарщика. В то время всеобщая газификация многим представлялась преддверием светлого будущего городов, рекламой чего активно занимались менеджеры газовых компаний. Первым электрификаторам пришлось приложить максимум усилий, решая задачу реформирования сложив-

шегося к концу XIX в. общественного мнения в сторону предпочтения более выгодной, безопасной и чистой инновационной электрической технологии освещения.

ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ ГОРОДСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Кто управляет прошлым — тот управляет будущим: кто управляет настоящим, управляет прошлым.

Дж. Оруэлл «1984»

Электрическая революция привела к тому, что электроэнергия стала весьма распространенным видом энергии во многих сферах человеческой деятельности — за счет появления, в первую очередь, двух разновидностей электрических приборов: электрической лампы и электродвигателя, обеспечивших удовлетворение потребностей в искусственном освещении и в передвижении на производстве и в быту. Только в сфере автономных видов транспорта (автомобильного, воздушного, водного, ракетно-космического) электроэнергия не может серьезно потеснить энергию углеводородов, поскольку, несмотря на ряд преимуществ электропривода перед двигателями внутреннего сгорания и электрореактивных двигателей перед жидкостными реактивными двигателями (ЖРД), пока не представляется возможным создание способов хранения электроэнергии, сравнимых по энергоемкости с углеводородным топливом.

В интересующей нас электрической технологии городского освещения, наряду с совершенствованием источников электрического света и улучшением качества освещения (о чем речь шла во второй части статьи), все более актуальным становилось дальнейшее уменьшение трудозатрат и повышение эффективности управления. Первой разработкой, предложившей решение задач автоматизации на этом, более высоком, уровне, стала система телеуправления освещением Москвы, созданная в 1930-х годах в сложных условиях предвоенного времени. Эта система впервые обеспечила единовременное включение и выключение освещения крупного города по командам, подаваемым из диспетчерского пункта (ДП). Оперативность управления была достигнута подачей релей-

ных сигналов из ДП на контакторы ПП по т.н. выделенным телефонным линиям.

Взаимодействие диспетчерской службы освещения с системой противоздушной обороны Москвы внесло свой вклад в уменьшение потерь от авианалетов вражеских бомбардировщиков в годы Великой Отечественной войны. В отличие некоторых европейских городов, ни одно ночное бомбометание по столице СССР не подсвечивалось непотушенными светильниками НО. Кроме того, в системе были введены дистанционно управляемые спецрежимы частичного и полного светомаскировочного освещения, затрудняющие обнаружение объектов для бомбардировки в темное время суток. При этом была существенно уменьшена ночная светимость города в верхнюю полусферу при частичной светомаскировке, полная же светомаскировка оставляла только маломощное специальное освещение перекрестков и объектов гражданской обороны.

Характерно, что режим частичной светомаскировки практически совпадает с выдвинутыми уже в конце XX в. требованиями по уменьшению светового загрязнения неба, возникающего при рассеивании света частицами пыли и аэрозоля, висящими над городом. Как известно, уменьшение яркости ночного неба улучшает условия для астрономических наблюдений и снижает неблагоприятное воздействие на настройку суточных (циркадиальных) ритмов активности человека и животных.

Для экономии количества линий связи в системе телеуправления Москвы были выделены т.н. «головные» ПП, имеющие с ДП непосредственную связь. Включение остальных ПП, названных «каскадными», осуществлялось подачей сетевого напряжения по т.н. «толкающим» проводам от головных ПП. Такая структура управления сохранялась, с небольшими изменениями, в течение десятилетий. Изменения заключались в добавлении простейшей диагностики по включению контакторов головных ПП, а также во введении т.н. «обратных» проводов от последнего ПП в каскаде до головного ПП с выдачей на ДП соответствующей диагностики. Такая дополнительная диагностика позволяла контролировать на ДП включение каскада в целом. После войны, на базе московского

опыта, были разработаны как унифицированные системы телеуправления НО, так и специализированные. Примером первой является система с устройством телеуправления УТУ-4М, широко распространившаяся во многих городах СССР с начала 1970-х годов, пример второй — система телеуправления освещением Ленинграда (ТОЛ).

К началу 1990-х годов системы телеуправления освещением, как было принято тогда выражаться, морально и физически устарели. Требовался переход на качественно более высокий уровень, причем в первую очередь был необходим отказ от релейной полупроводниковой, которая обладала бы и лучшей ремонтопригодностью. Не менее важным было расширение диагностики НО для улучшения эксплуатационных показателей. Проблема заключалась в том, что при обычном телеуправлении в каскадной схеме обеспечивается проверка включения только «кольца» ЛО, которое замыкалось «обратными» проводами. Этот контроль мог охватить не более половины всех ЛО крупного города. Вся остальная диагностика в случаях погасаний отдельных ЛО (при обрывах и перегорании предохранителей) доводится до диспетчера путем проведения осмотров ЛО при специальных ночных объездах или, в крайнем случае, телефонными обращениями недовольных горожан.

Такая, относительно просто поставленная задача модернизации потребовала в действительности полного пересмотра технологии управления НО с созданием компьютеризованной интерактивной системы управления городским освещением, не имевшей в то время мировых аналогов.

АСУ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

*Прощай, Эдисон,
повредивший ночь.
Прощай, Фарадей,
Архимед и проч.
Я тьму вытесняю
средством свеч,
Как море — трехмачтовик,
давший течь.
И. Бродский*

В середине 1990-х годов электросетевое предприятие «Ленсвет» при поддержке администрации Санкт-

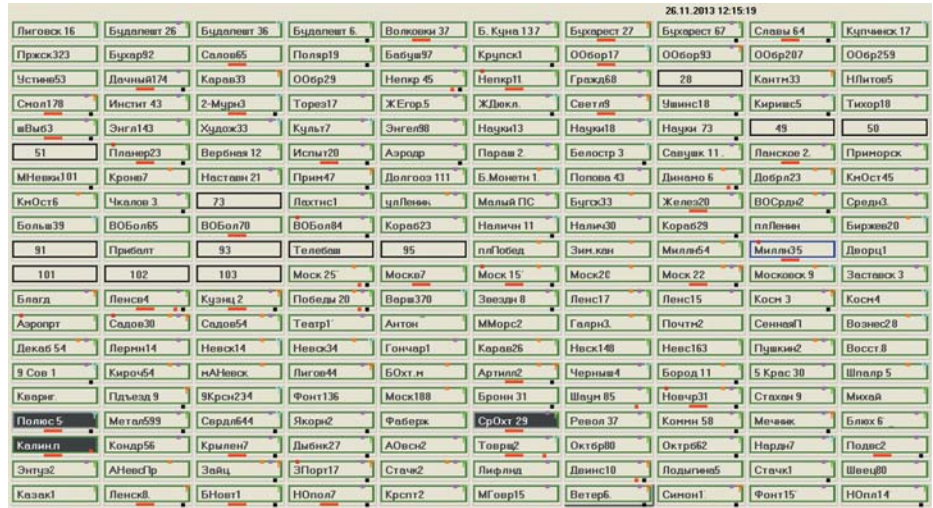


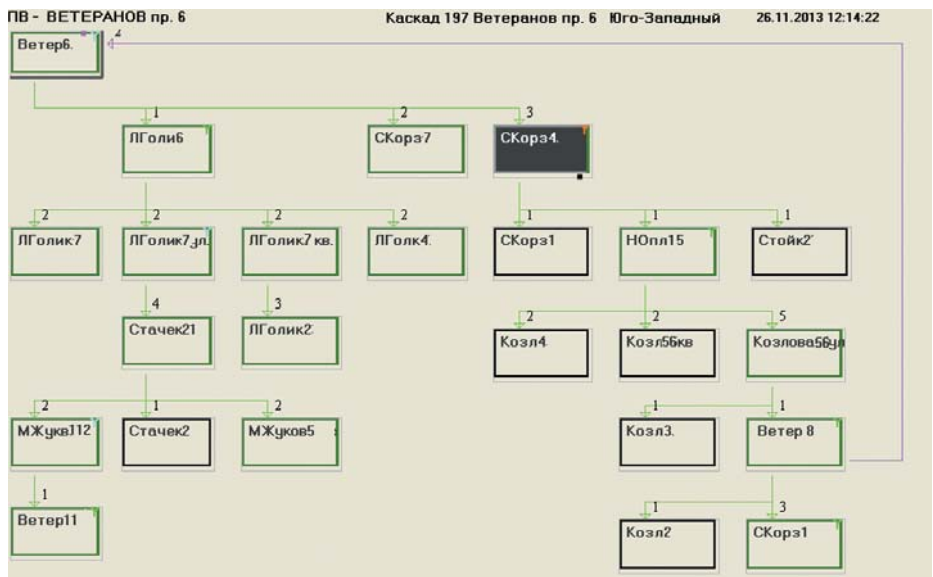
РИС. 2. ▲ Фрагмент мнемосхемы городской системы освещения

Петербурга поставило вопрос о коренной модернизации системы ТОЛ. ОАО «НИИ точной механики» в рамках городской программы «Светлый город» впервые в России разработало оборудование и программное обеспечение автоматизированной системы управления наружным освещением (АСУНО), названной «АВРОРА»® [6].

В АСУНО «АВРОРА»® удалось, не меняя инфраструктуры системы освещения, обеспечить детальную диагностику каждого ПП, включая индивидуальный контроль выхода из строя предохранителей с отображением всех неисправностей на дисплее автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера. При этом

отображение погашения ЛО сопровождается топографической привязкой к карте города. Кроме этого, обеспечивается предоставление на ДП информации об энергопотреблении, о выходе напряжения питания ЛО за границы допуска, о несанкционированном доступе к оборудованию ПП и т. п. Вся информация о состоянии НО города отображается на дисплее диспетчера в виде интерактивных мнемосхем, по которым можно оперативно отслеживать изменение состояния и неисправности в городском освещении. Дополнительное удобство представляет отображение не просмотренных диспетчером неисправностей в виде мигающих красных значков. На рис. 2, 3, 4

РИС. 3. ▼ Фрагмент мнемосхемы каскада городской системы освещения



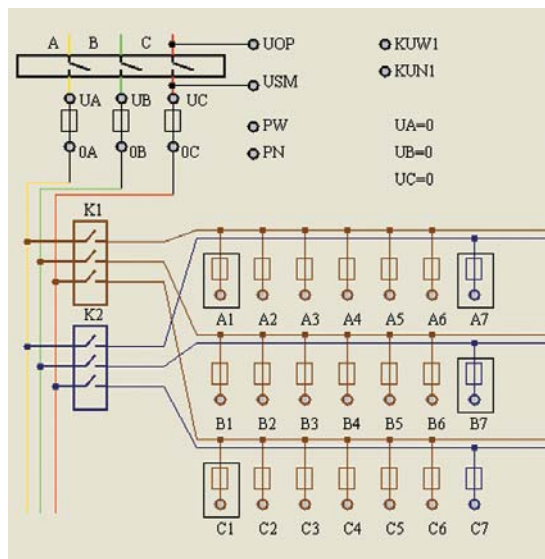


РИС. 4. ▲
Фрагмент мнемосхемы
ПП городского системы
освещения

показаны фрагменты мнемосхемы городского НО в целом, мнемосхемы одного из каскадов освещения и мнемосхемы одного ПП.

На мнемосхеме всего города (рис. 2) отображены головные ПП с показом режима их включения, состояние связи с ДП, наличие аварий как в головных ПП, так и в подкаскадных к ним каскадных ПП. На мнемосхемах каскадов освещения (рис. 3) детализируется состояние каждого ПП в каскаде с отображением режимов, характеристик и аварийных состояний. На мнемосхемах ПП (рис. 4) уровень детализации доведен до интерактивного показа элементов принципиальной электрической схемы каждого ПП, включая состояние контакторов, целостность предохранителей, контроль наличия всех фазных напряжений, контроль датчика двери ПП; приводится также маркировка «толкающих» фаз.

В результате один дежурный диспетчер на своем дисплее может контролировать несколько десятков тысяч параметров НО крупного города, представленных в виде удобочитаемых графических образов, ранжированных по степени их важности. Предусмотрены режимы индивидуального и группового управления с блокировкой включения отдельных ПП, вариант индивидуального автоматического включения при потере связи между ПП и ДП, режим ручного управления. Предусмотрено использование

дополнительных АРМ для составления отчетов и планов, а также для оперативного сопровождения монтажных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ, в которых одновременно может быть задействовано несколько бригад в разных районах города.

В системе ведется протокол событий, позволяющий фиксировать точное время и характер возникающих неисправностей, а также действия диспетчера. Опыт первых лет эксплуатации системы показал, что она позволяет детально диагностировать даже совершенно неожиданные неприятности, такие, например, как попытка похищения электронного оборудования ПП (происшествие весны 1997 г.) и пропадание одной фазы первичного напряжения, поступающего от подстанции («визит-эффект» при сдаче 1-й очереди системы в Москве в 1999 г.). Сохраняемый архив протоколов позволяет восстанавливать хронологию событий и оказывает помощь эксплуатирующей организации и надзорным органам при анализе дорожно-транспортных и других происшествий.

В системе организован информационный доступ районных служб эксплуатирующей организации к базе данных и к оперативной информации, что позволяет повысить результативность их работы.

В качестве основной (командной) линии связи с ПП используется связь по выделенным телефонным проводам, предусмотрены также дополнительные GSM/GPRS-каналы связи. Немаловажным стало то, что в АСУНО были отработаны элементы и технология связи по силовой сети освещения, проанализированы ограничения и перспектива развития этой технологии связи для следующих этапов автоматизации НО.

В целом штатная эксплуатация АСУНО «АВРОРА»® является важным этапом работы в новой аппаратно-программной среде. Работа системы оказывает существенное воздействие на улучшение качества работы городского освещения и повышение отчетных характеристик эксплуатирующей организации.

В первое десятилетие XXI в. появились внедрения аналоговых систем от нескольких отечественных производителей, которые пытаются конкурировать с АСУНО «АВРОРА»®.

НА ПУТИ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ НО

*Только маловажные секреты
нуждаются в сокрытии.
Крупные достижения мысли
прекрасно защищены
общественным недопониманием.
Маршалл Маклюэн*

Элементы интеллектуального управления НО появились еще при создании АСУНО. Уже в это время стало понятно, что интеллектуальность системы управления должна проявляться не столько в «умных» способах контроля объектов управления, не в изощренном энергосбережении и даже энергоресурсосбережении, а в интеллектуальных методах проектирования. Среди них в первую очередь необходимо задействовать методы технического прогнозирования и выявления насущных и скрытых потребностей эксплуатирующей организации, а также корректную сравнительную экономическую оценку направлений разработки.

В настоящее время в различных городах мира наблюдается невероятное разнообразие систем наружного освещения. Встречаются как «суперсовременные» системы на светодиодных светильниках, так и «традиционные» системы на натриевых и металлогалогенных лампах и даже давно устаревшие и весьма дорогие в эксплуатации системы на газовых светильниках. Существуют как системы, подключаемые к стационарным сетям электропитания, так и автономные системы освещения, расходующие электроэнергию, выработанную солнечными батареями и ветроэлектростанциями и запасенную в аккумуляторах. Применяются также идеологически несовместимые методы и способы энергосберегающего управления [7, 8], такие как управление включением/выключением городского освещения от фотодатчиков; коммутация фаз линий освещения; коммутация обмоток автотрансформаторов, питающих ЛО; переключение обмоток балластных дросселей каждого светильника; радиоуправление диммируемыми светильниками и т. д. и т. п.

Специалисты технических отделов эксплуатирующих организаций зачастую теряются в этом «винегрете» из разновкусных технических решений ввиду нехватки объективных

критериев и ориентиров. В отсутствие централизованно диктуемой идеологии построения управления НО они либо вынуждены следовать навязываемой им моде, либо на свой страх, риск и вкус отбирают достойного кандидата (кандидатов) и дают ему (им) возможность внедрения пилотных проектов. Результаты такого подхода приводят к тому, что право на жизнь могут получить и получают проекты с не самыми лучшими технико-экономическими характеристиками. Мало того, по прошествии небольшого времени модные «инновации» часто встают на пути проведения дальнейшей модернизации. Например, довольно популярное решение по питанию ЛО с натриевыми светильниками от автотрансформаторов с переключаемыми обмотками, не решая в полном объеме задачи энергосбережения, при внедрении более прогрессивного индивидуального управления светильниками становится попросту обременяющим излишеством. Так, один из вариантов этой автотрансформаторной технологии на своей родине — в Испании уже перестал считаться конкурентоспособным, а в нашей стране, по ряду причин, он все еще часто применяется.

Способ взаимодействия с техническим прогрессом заблуждающихся «внедренцев», не обладающих необходимым и достаточным уровнем знаний и опытом, в советское время получил хлесткое название «метод научного тыка». С высоты современных знаний эти заблуждания напоминают движения к центрам притяжения (аттракторам) по траекториям, описываемым методами теории динамического хаоса [9]. Минимизировать затраты на эти поиски возможно в том случае, если удастся корректно провести убедительный сравнительный экономический расчет результатов развития наиболее прогрессивных вариантов технологий НО, что позволит овладеть знанием о положении центра наиболее привлекательного аттрактора, после чего уже следует направить усилия по достижению его наикратчайшим путем. Актуальность такого подхода не для всех является очевидной, при этом цена ошибки весьма высока, поскольку существует вероятность выбора не самой удачной технологии, с внедрением которой будет пройдена точка бифуркации, после чего поворот к более привле-

кательной технологии покажется уже чрезмерно затратным.

Как показано в [7] и [10], комплексная задача создания ИНО требует осмысления широкого круга вопросов, включая те, которые до последнего времени считались вообще не относящимися к компетенции разработчиков систем управления. С одной стороны, это объясняется широким внедрением электроники и вычислительной техники в светильники, ПП и ДП с превращением их в объекты ИТ; с другой стороны, технико-экономические расчеты указывают на необходимость и возможность создания системы НО с минимизированной совокупной стоимостью владения (ССВ) за время жизненного цикла (Total Cost of Ownership). При таком подходе следует отбросить старые воззрения на автоматизацию как на процесс пристраивания «умных» приспособлений к существующим объектам производственного процесса (в нашем случае — НО) и перейти собственно к созданию таких объектов управления (светильников, ЛО и ПП), которые изначально должны соответствовать всем требованиям интеллектуального контроля. Основное внимание при проектировании такой системы ИНО следует обращать на реализацию технических и управленческих решений, которые не только существенно улучшат энергоэффективность и другие технические характеристики, но и обеспечат уменьшение стоимости обслуживания. Технико-экономический анализ показывает, что концепция ИНО оказывается удачной платформой для успешной реализации сложных алгоритмов функционирования НО, например таких, как управление светом в зависимости от интенсивности дорожного движения, и даже методы фиксации наклона и падения опор освещения при наезде автотранспорта, что было описано в [10].

Сравнительные технико-экономические расчеты существующих и перспективных технологий НО по критерию ССВ впервые были проведены в 2009 г. Результаты расчетов были опубликованы в [11], в дальнейшем они уточнялись, последние результаты были представлены в [7].

В этих работах проведен анализ всех известных в настоящее время технологий НО. При этом удалось показать экономическую несостоятельность дальнейшего экстенсивного развития НО, заключающегося в про-

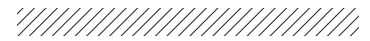
стой замене предыдущего поколения электрических светильников (натриевых) на следующее (светодиодных). Представлена система доказательств, указывающих на необходимость инновационного перехода на технологию ИНО с обеспечением управления яркостью светильников с кратностью 1:4 и получением от них диагностической информации.

Такая технология ИНО даст возможность получения максимально возможного энергосбережения при уменьшении стоимости обслуживания. Дополнительный эффект может быть получен при использовании резервирования, что было показано во второй части статьи.

Для реализации этих целей в развитии концепции ИНО предложен инновационный перевод линий освещения на питание постоянным напряжением. Как отмечено в [10], это обеспечивает существенный прирост надежности электроники светильников за счет устранения в них блоков выпрямления и коррекции коэффициента мощности с малонадежными электролитическими конденсаторами. Кроме этого, упрощается реализация управления светильниками непосредственно по силовой сети, поскольку существенно снижается уровень помех. Полностью устраняются и так называемые «косинусные конденсаторы», обычные для светильников традиционных сетей освещения, питающихся переменным напряжением, что также способствует внедрению связи по силовой сети.

Архиважно создать такую инновационную технологию НО, которая стала бы открытой платформой для внедрения конкурирующих решений по светильникам (в т. ч. натриевым и светодиодным), а также по построению ЛО и ПП. Становится все более очевидным, что технология будущего ИНО будет соответствовать идеологии, которую Клайтон М. Кристенсен (Clayton M. Christensen) назвал подрывной инновацией (Disruptive Innovation) [12]. При этом в качестве «оригинального элемента» (по Кристенсену), объединяющего несколько конкурентных преимуществ в единой подрывной инновации ИНО и гармонизирующего структуру ее построения, выступает питание ЛО постоянным напряжением.

Не повторяя все положения концепции ИНО, подробно изложенные в [7] и [10], более углубленно рассмотрим



вопрос повышения одного из важнейших качественных показателей работы отечественных горсветов — процента горения. Типовым значением этого показателя в настоящее время считается 95% (т. е. может не гореть пять ламп из 100). В передовых эксплуатирующих организациях при проведении комплекса довольно затратных мероприятий по содержанию ЛО и своевременной замене ламп его значение удается поддерживать даже на более высоком уровне. Дальнейшее повышение процента горения при уменьшении затрат на обслуживание однозначно требует увеличения надежности и живучести электроники светильников, а также получения от них предотказной диагностики (или диагностики частичных отказов) с проведением плановых замен, не дожидаясь погашений света. Такой подход к повышению живучести характерен для высоконадежных систем военного и космического назначения. Очевидно, что разрешение этих проблем неотвратимо приведет и к существенным изменениям в структуре и идеологии построения НО, включая переход на систему ИНО, базирующуюся на сети постоянного напряжения.

Важно отметить, что в ИНО становится целесообразным круглосуточное поддержание напряжения в сети без обычной в традиционных сетях коммутации. Это требует минимизации энергопотребления светильников, выключенных управляющей командой, и обеспечения их постоянного контроля, что также проще всего реализуется при питании постоянным напряжением. Для Петербурга такой режим работы довольно актуален, поскольку во время белых ночей становится возможным, не включая свет, диагностировать всю сеть светильников, что принесет дополнительную экономию до 2 ГВт·ч электроэнергии только за один летний сезон.

В [13] приведены примеры внедрения в Нидерландах первых пилотных проектов ИНО с применением элементов описанных инноваций. В этих проектах максимальное внимание уделено созданию системы ИНО с наилучшими показателями окупаемости. Применен также ряд оригинальных решений, обеспечивающих повышение качества освещения и уменьшение затрат на обслуживание. К примеру, размещение драйверов светильников в нижней части светотехнической опоры позволяет повысить оперативность

и уменьшить трудоемкость их замены в случае выхода из строя.

В перспективных проектах ИНО предусматривается возможность подключения к создаваемой информационной сети элементов других городских систем, например информационных табло платных парковок и остановок общественного транспорта, зарядных станций для электромобилей, рекламных стендов и даже переменных знаков дорожного движения. Такой подход уменьшает приведенные удельные затраты на создание городских информационных сетей и наполняет их содержанием, востребованным горожанами. Поскольку система ИНО охватывает практически всю площадь города, то появляются проекты загрузки этой интеллектуальной сети и другими функциями, необходимыми для городских служб, занимающихся различными аспектами безопасности. Одним из таких примеров может служить разрабатываемая компанией GE система интеллектуальных датчиков, которые могли бы контролировать дорожное движение, собирать информацию о метеоданных и о состоянии городской воздушной среды, а также фиксировать инциденты со стрельбой из огнестрельного оружия [14]. Все эти датчики GE планирует размещать непосредственно в интеллектуальных светильниках или на сетях их электропитания и подключать к информационной сети ИНО.

В дальнейшем проектировании придется неизбежно учитывать вероятность возникновения конфликта интересов различных городских служб при эксплуатации единой информационной сети, что может затруднять реализацию такой комплексной концепции в полном объеме.

ЗАВЕРШЕНИЕ

Что бы мы ни называли реальностью, она открывается нам только в процессе активного освоения, в котором мы принимаем непосредственное участие.

И. Пригожин [15]

...а поступающий по правде идет к свету, дабы явны были дела его...

Ин. 3:21

Парадоксальность предлагаемой концепции ИНО, на первый взгляд, заключается в нетрадиционном взгляде на историю и текущие процес-

сы в описываемой области техники. В действительности же нестандартность ситуации заключена в том, что определяющим для всех деталей выбираемой модели ИНО является экономический критерий ССВ.

Этот критерий, отвечая долгосрочным общественным и государственным интересам, в настоящее время не может соответствовать конкретным интересам инвесторов и госслужащих, которым важна быстрая реализация проектов и эффективный возврат инвестиций с минимальными рисками. По этой же причине реализация системы ИНО в рамках модных в наше время энергосервисных контрактов не представляется возможной.

Особенностью описанного инновационного подхода является создание технологической платформы, которая бы учитывала совместимость не с решениями прошлых лет, а с намечаемыми и грядущими модернизациями. Такая идеология требует корректного прогнозирования и выстраивания всеобъемлющей стратегии развития отрасли.

В то же время анализ современного состояния разработок НО показывает, что, собственно говоря, революционный разворот к ИНО уже самозапускается, и на этом этапе его следует подкорректировать и направить в верное русло, которое оптимизирует реализацию конкурентных преимуществ. Необыкновенно важным становится экономически обоснованная смена парадигмы [16] НО, в которой были бы отброшены технические предрассудки и решения, соответствующие уходящей реальности. Все более востребованным становится подход, позволяющий создать открытую для последующих инноваций технологию, ибо, как прозорливо заметил основоположник метафизического реализма, «излишняя завершенность противоречит русской идее безграничности, выходящей за пределы нашего восприятия» [17]. Представляется, что реализация концепции ИНО наиболее вероятна в рамках комплексной программы, сориентированной на создание системы городского освещения с минимизированной ССВ. Дополнительно следует отметить, что при такой постановке вопроса в сферу интеллектуального управления неизбежно попадают не только технические и программные средства системы, обеспечивающие собственно городское освещение,

но и сама организация, осуществляющая его эксплуатацию.

Возвращаясь к космической теме, отметим, что в начале 1950-х годов состояние отечественного ракетостроения в чем-то напоминало положение современного НО, находящегося на переходе от «хаоса» (по Пригожину) к новому порядку. Предложенное в это непростое послевоенное время компромиссное решение частной, казалось бы, военнотехнической задачи компоновки ракетоносителя стратегического назначения большой дальности и грузоподъемности привело стараниями М. К. Тихонравова, С. П. Королева, Б. Е. Чертока, С. С. Крюкова, Д. И. Козлова и других к созданию ракеты Р7 с пакетным расположением I и II ступеней. Эта парадигма стала основой для семейства ракетносителей и ряда ракетно-космических систем, что позволило в течение многих десятилетий поддерживать лидирующую роль отечественной космонавтики, сумевшую выдержать острейшую международную конкуренцию.

Автор надеется, что теперешняя небесспорная ситуация в анализируемой нами области городского освеще-

ния ознаменуется правильным выбором базового направления развития технологии ИНО, которая сможет успешно функционировать и развиваться в XXI в. в течение достаточно продолжительного времени. ●

*P.S. Есть три явления,
которые не могут быть
надолго сокрыты:
свет солнца,
свет луны и
свет истины.*

Древняя восточная мудрость

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Э. Циолковский. Промышленное освоение космоса. М.: Машиностроение. 1989.
2. Крафт А. Эрик. Будущее космической индустрии: Пер. с англ. — М.: Машиностроение. 1979.
3. Ю. П. Семенов. Новые российские технологии в ракетно-космической технике. Вестник Российской академии наук. 2000. Том 70. № 8.
4. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Дата введения 2011-05-20. п. 7.32.
5. http://src.space.ru/page_30r.htm
6. www.niitm.spb.ru/vozmozhnosti_i_dostizheniya/realizovannye_proekty/sistema_avrora/
7. О. Зотин. Управление освещением открытых пространств // Полупроводниковая светотехника. 2014. № 1–3.
8. О. Зотин. В преддверии возрождения постоянного тока // Силовая электроника. 2013. № 4–6.
9. С. П. Кузнецов. Динамический хаос (курс лекций). М.: Физматлит. 2001.
10. О. Зотин. Некоторые особенности VI светотехнической революции в наружном освещении // Полупроводниковая светотехника. 2015. № 1–3.
11. О. Т. Зотин, Н. О. Морозова. Анализ эффективности управления энергосбережением в наружном освещении // Современная светотехника. 2010. № 2.
12. Клайтон М. Кристенсен. Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Альпина Паблицер. 2014.
13. О. Зотин. Сети освещения на постоянном напряжении в Нидерландах. // Полупроводниковая светотехника. 2015. № 4.
14. <http://luxreview.com/article/2015/10/will-the-breakup-of-ge-lighting-work-?cmpid=LUXproducts10292015>
15. И. Пригожин, И. Стенгерс. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. Пер. с англ. / Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. М.: Прогресс. 1986.
16. Kuhn T. S. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press. 1962.
17. Ю. В. Мамлеев. Россия вечная. М.: ЭКСМО. 2011.