

# Управление освещением открытых пространств

## Часть 1

**Проводится системологический анализ эволюции искусственного освещения открытых пространств, сравниваются проекты современных энергоресурсосберегающих систем освещения.**

*Основное предположение всякой подлинной философии – это предположение о существовании смысла и постижимости смысла, о возможности прорыва к смыслу через бессмыслицу.*  
Н.А. Бердяев [1]

### Об интеллектуальном освещении

Наметившийся в последние годы тренд перехода к созданию интеллектуальных систем освещения (Lighting Smart Systems) превращается в мейнстрим. При этом становится все более очевидным, что системам с интеллектуальным управлением требуется также и интеллектуальное проектирование (Smart Engineering), которое, в свою очередь, нуждается в осмыслении эволюции искусственного освещения, анализе современного состояния систем и прогнозировании направлений дальнейшего развития. Это относится не только к техническим (и программным) средствам систем, но и, собственно, к требуемому качеству освещения, диктуемому постоянно возрастающими потребностями, которые и являются побудительными мотивами дальнейшего развития. Необходимо также учитывать, что в последнее время растет понимание ограничений в потреблении не только энергии, но и других ресурсов, требуется также учитывать и возможные негативные последствия для среды обитания.

Существует ряд реализованных проектов разного рода интеллектуальных энергоресурсосберегающих систем освещения, обеспечивающих улучшение потребительских характеристик. Представляется, однако, что разработчики этих проектов часто увлекаются воплощением очередной инновационной концепции и не ставят перед собой задачи комплексной оценки и сравнения с другими перспективными проектами. Некой общепринятой понятийной нормой становится получение показателя энергосбережения в 25, 50 или даже 80% в сравнении с заменяемыми устаревшими, а зачастую и физически изношенными сетями освещения.

Ограниченный технико-экономический анализ, а чаще всего вообще его отсутствие может привести и уже приводит к тому, что внедряются системы, которые вскоре также могут быть признаны устаревшими и малоэффективными. В связи с этим на первый план в нашем исследовании следует выводить не столько сравнение систем различного исполнения по их конкретным техническим характеристикам, сколько вопрос целеполагания как в широком, так и в чисто утилитарном толковании. Более того, «можно и должно, в рамках прагматической оценки пользы, приходить к социальному консенсусу относительно желаемости целеполагаемых преимуществ с учетом неизбежного ущерба» [2]. В связи с этим представляется, что точные определения требуемых потребительских качеств с выводом интегрального экономического критерия сравнения, а также углубленный прогноз развития систем позволят нам, в конце концов, синтезировать наилучший вариант интеллектуальной энергоресурсосберегающей системы освещения, максимально приближенный к ее идеальному облику.

Возвращаясь к исходной точке нашего рассуждения, начнем анализ с истории искусственного освещения.

### Доэлектрическая предыстория освещения

*...истина, не помнящая родства,  
не есть истина.*  
В. Соловьев [3]

#### О факеле, лампе и свече

*И создал Бог два светила великие:  
светило большее, для управления днем,  
и светило меньшее, для управления ночью,  
и звездами.*  
Бытие 1:16

Испокон веков искусственное освещение было важной потребностью человека. В явном виде это начало проявляться на заре развития цивилизации в эпоху неолита. При этом первоначальная задача была, по нынешним понятиям, весьма

скромной, а именно — обеспечение световой среды обитания в первобытных жилищах (пещерах, землянках и пр.), хотя бы на уровне света полной Луны. Весьма важным является то, что в это время возникают первые ремесла (примитивное прядение и ткачество, изготовление керамики и первых орудий труда и пр.), развитие которых настоятельно требовало все большего и большего искусственного освещения.

Считается очевидным, что первым источником искусственного света служил костер, основным назначением которого было приготовление пищи, обогрев, а также отпугивание диких зверей. Первым рукотворным устройством, предназначенным для искусственного освещения, стала смолистая палка (ветка), вынутая из костра или зажженная от него. Наклонно закрепленная в подставке, она превратилась в примитивный светильник — лучину, которую в дальнейшем делали из сердцевины смолистых деревьев, как правило, из сосны, и активно использовали вплоть до XIX в. (рис. 1). Другой модернизацией горящей ветки стал факел (от греч. phakelos — «связка»), который, по всей видимости, первоначально был такой же палкой, но с выдолбленным углублением для горючего вещества (смолы, животного жира или растительного масла) с добавлением пучка соломы или пеньки (волока конопля) для более яркого горения. Факел на протяжении веков использовался как стационарный и переносной светильник и многократно модернизировался для увеличения продолжительности и яркости горения. Представляется, что наиболее важным усовершенствованием было преобразование промасленного пучка пеньки в фитиль, ставший основой для дальнейших инноваций средств искусственного освещения и который, наряду с топором, следует признать одним из самых древних и долгоживущих изобретений человечества.

Историко-техническое рассмотрение прогресса искусственного освещения ввиду скудости исторических источников, как, наверное, уже заметил внимательный читатель, требует привлечения методов дедуктивного анализа и теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [4], которые помогают нам раскрывать смысл каждого шага светотехнической эволюции. Действительно, следующий шаг эволюции был вызван постановкой актуальной и в наше время задачи по существенному увеличению длительности горения автономного источника света. При этом требовалось преодо-



Рис. 1. Пряха. Художник Н. Бессонов

леть основной фактор, ограничивающий время горения факела, — малый запас горючего масла в его фитиле, из-за чего приходилось периодически макать его в горючую смесь. Решением этой задачи стало изобретение масляного светильника (лампады или масляной лампы), в котором подпитка фитиля осуществлялась от резервуара достаточно большого объема. Таким образом, это было уже осознанное использование капиллярного эффекта для дозированной доставки масла в зону горения.

Первые переносные шахтерские масляные светильники историки относят к позднему неолиту, поскольку именно в это время кремний, используемый для изготовления орудий труда и охоты, люди научились добывать в примитивных шахтах, в которых было невозможно работать без искусственного освещения.

В целом это время можно расценивать как один из важнейших этапов на пути превращения *homo sapiens* (человека разумного) в *homo faber* (человека творящего).

В Древнем Риме масляное освещение было уже повсеместно распространено, археологи находят множество керамических и металлических лампад, относящихся к этому времени.

В древнерусском мире еще с домонгольских времен употреблялись масляные светильники, которые назывались жирниками или каганцами. Народности Севера широко применяли жирники (на тюленьем жире), освещавшие и обогревавшие пространство под пологом в ярангах и чумах, чем обеспечивались сносные условия существования даже в полярную ночь.

Несчетное число изобретателей занимались модернизацией масляных светильников. Среди них есть и великие имена Леонардо да Винчи (придумавшего прообраз лампового стекла, увеличивающего силу тяги и яркость горения) и Джероламо Кардана (предложившего поместить масляный резервуар выше горелки для подачи масла под небольшим давлением, что обеспечивает лучшее смачивания фитиля и более яркое пламя) [5].

Свеча была изобретена существенно позже масляных светильников, предположительно в Китае в III в. до н. э. По одной из версий, это стало результатом наблюдения за горящей щепочкой, вылетевшей из костра, которая попала в откачанные пчелиные соты и продолжила ярко и долго гореть. В действительности же свеча стала первой рукотворной реализацией принципа обратной связи, поскольку в ней обеспечивается растапливание твердого горючего вещества до жидкого состояния под действием собственного пламени. Далее, так же, как в масляных светильниках, жидкое горючее поднимается по капиллярам фитиля, испаряется (переходит в газообразное состояние) и, наконец, горит.

Известно, что в Европе и Северной Америке почти до середины XIX в. весьма распространенным горючим для светильников был китовый жир, а наиболее качественным считался спермацет (жировоск из головы кашалота), поскольку он практически не коптил и давал достаточно яркий свет при отсутствии неприятных запахов. В результате охота на крупные виды китов привела к серьезному урону их популяции.

Более дешевые, чем воск, и более качественные, чем жир, искусственные материалы для

изготовления свечей были получены в XIX в. Так, стеарин был выделен из растительных и животных жиров Мишелем Шевроле в 1820 г., несколько позже из нефти удалось выделить еще одно эффективное горючее — парафин. В западном полушарии в последнее время в качестве материала для свечей находят применение воск, получаемый из сои.

В светильниках на жидком топливе с первой половины XIX в. на замену маслу пришла спирто-скипидаровая смесь, хорошо смачивающая фитиль даже при нижнем расположении резервуара. Несколько позже, в 1850-х годах, были запатентованы технологии разделения легких и тяжелых нефтяных фракций с целью получения более дешевого горючего, зарегистрированного в 1854 г. под торговой маркой керосин (от греческого κηρός — «воск»). В результате керосин довольно быстро вытеснил практически все виды жидкого топлива в светильниках. Еще более совершенную технологию непрерывного термического крекинга нефти для получения керосина впервые продемонстрировал в 1891 г. В. Г. Шухов на установке по перегонке нефти с ее разложением [6]. Характерно, что получаемый в этих технологиях бензин для питания двигателей внутреннего сгорания считался малопривлекательным горючим веществом.

Создание технологий переработки нефти резко снизило спрос на китовый жир и спермацет. Однако охота на китов с изобретением китобойной пушки (Свен Фойн, 1868 г.) и созданием китобойных флотилий с плавучими разделочными базами продолжала развиваться и доходила до 46 000 особей за сезон (1937–1938 гг.). Только принятие ряда соглашений, таких как Международная конвенция по регуляции китобойной промышленности (1946 г.) и Мораторий на коммерческий китобойный промысел (1982 г.), привели к тому, что численность популяций отдельных видов китов начала расти. Однако в июне 2010 г. на 62-м заседании Международной китобойной комиссии под давлением представителей Японии, Исландии и Дании действие моратория было, к сожалению, приостановлено.

В упрощенном и схематичном виде эволюция светильников на углеводородном топливе в трактовке автора представлена на рис. 2.

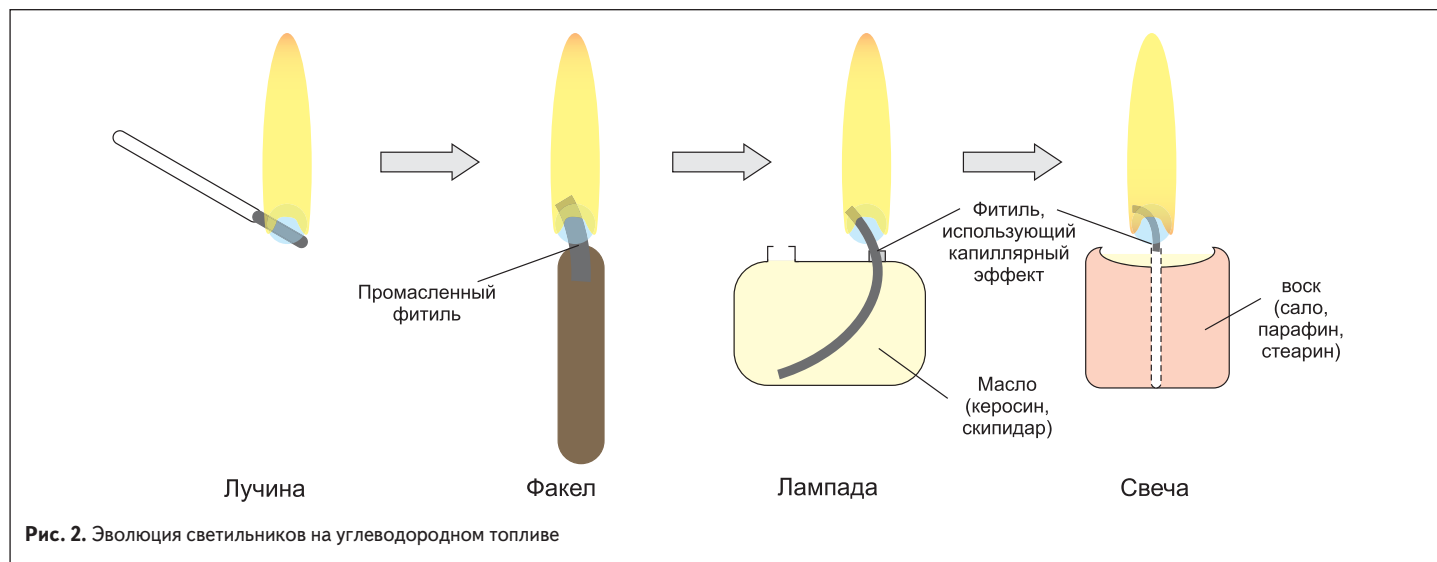


Рис. 2. Эволюция светильников на углеводородном топливе

Майкл Фарадей в серии лекций «История свечи» отмечал: «Вдумайтесь только, какой изумительный пример общей слаженности целого! До самого конца существования свечи действие каждой из ее частей строго координировано с другой. Какое прекрасное зрелище представляет собой такое горючее вещество, когда оно сгорает постепенно, не подвергаясь внезапным нападением пламени!» [7]. С высоты нашего времени в этом изумительном примере можно заметить по крайней мере два недостатка. Первый — образование наплывов на свече из-за вытекания расплавленного воска на наружную поверхность свечи. Второй — необходимость периодической чистки и подрезки фитиля для сохранения яркого и некопящего пламени.

Первый недостаток возможно преодолеть созданием более тугоплавкой корочки, например окутанием свечи в концентрированный раствор поваренной соли. Эта корочка является естественной преградой для расплавляемого воска и снижает вероятность возникновения наплывов. Второй недостаток был побежден в конце XIX в., когда стали применять асимметрично плетеный фитиль с пропиткой борной кислотой. Такой фитиль наклоняется и перегорает в богатой кислородом наружной стороне пламени свечи [5], в результате чего исчезает необходимость в процедуре снятия нагара. При большом количестве свечей (например, в паникадилах) для этого использовались специальные щипцы. Дополнительное армирование фитиля спирально вплетенной огнестойкой нитью обеспечивает поворачивание этого загиба при сжигании свечи, чем обеспечивается более равномерное плавление воска и отсутствие наплывов.

Понимание процессов, происходящих в пламени свечи, появилось после разработки теории горения углеводородов в конце XX в., когда свечи и керосиновые лампы были вытеснены электрическим светом на обочину цивилизации. Описание тонкостей даже такой простейшей, как казалось, реакции горения водорода в кислороде  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$  было сделано во всей полноте только в 1949 г. в монографии на 180 страницах [8]. Оказалось, что в этой цепной реакции (Н. Н. Семенов, Нобелевская премия по химии 1956 г.) одновременно происходят более 20 типов элементарных реакций с образованием молекул озона  $\text{O}_3$ , пероксида (перекиси) водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  и активных частиц  $\text{H}$ ,  $\text{O}$  и  $\text{OH}$ . В пламени простейшего углеводорода метана ( $\text{CH}_4$ ) протекают уже до 100(!) типов элементарных реакций [9].

При горении же углеводородов более сложного состава их молекулы сначала расщепляются под воздействием высокой температуры пламени на осколки, которые уже вступают в реакции, невозможные вне пламени (такие, например, как  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O} \rightarrow \text{CN}_2 + \text{CO}$ ,  $\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H} + \text{H}$ ). Сине-голубая зона в нижней части пламени определяется свечением возбужденных осколков молекул  $\text{C}_2$  и  $\text{CH}$ . В обычном пламени светильника поступление кислорода в зону горения ограничено, и все эти частички не успевают сгореть сразу. Многие из них полимеризуются, образуя крошечные шарики сажи с характерным диаметром, не превы-

шающим 100 нм. Раскаляясь в пламени, такие наночастицы и создают яркий желтый свет свечи. Постепенно поднимаясь в пламени под действием термогравитационной конвекции, они сгорают в его верхней части, образуя углекислый газ и воду. Было установлено, что яркий и в то же время некопящий свет (при полном сгорании «наночастиц» сажи) достигается при соотношении количества атомов водорода и углерода в углеводородном топливе около 2:1. Из горючих веществ наиболее близким к этому соотношению показателем обладают ациклические углеводороды линейного строения.

В свечах, помимо довольно дорогого пчелиного воска, нашли применение: спермацет (основная его составная часть — цетин  $\text{C}_{32}\text{H}_{64}\text{O}_2$ ) и стеарин (от греч. *stear* — «жир») — стеариновая кислота  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$  с примесью ряда жирных кислот. Современные свечи делают из парафина — воскоподобной легкоплавкой смеси предельных углеводородов от  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  (октадекан) до  $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$  (пентатриоконтан), в которую для повышения механической прочности добавляют стеарин.

В светильниках на жидком топливе чаще всего применяется, как уже было отмечено, керосин — жидкая смесь углеводородов с химическими формулами от  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  до  $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ . В отдельных случаях применяется амилацетат  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ . В конце XIX в. он служил горючим в эталоне силы света Международной системы единиц — канделях (от лат. *candela* — «свеча»), который представлял собой фитильную лампу специальной конструкции (свеча Хефнера, 1893 г.). До этого стандартом считалась сила света спермацетовой (английской) свечи диаметром 2 см при высоте пламени 4,5 см.

При увеличенном содержании водорода в горючем веществе, как, например, в метане  $\text{CH}_4$ , этане  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропане  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутане  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , изобутане  $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$  и этаноле (спирте)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  «наночастицы» сажи образуются в небольшом количестве и их высокотемпературное пламя дает мало света [9]. Как известно, смесь пропана и бутана применяют в баллонах для газовых плит и автомобилей, а изобутан — для заправки газовых зажигалок. Спиртовые некопящие горелки (лабораторные спиртовки) широко используются в медицине.

При уменьшенном содержании водорода в горючем веществе возникает копыт из-за недожигания углерода. К таким веществам относятся: ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$  (часто применявшийся в шахтерских лампах), бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$  (одна из составляющих частей светильного газа), скипидар, получаемый из живицы (смолы) хвойных деревьев, а также различные животные жиры.

До появления керосина достаточно широкое распространение получили уличные светильники на смеси спирта и скипидара, которые хорошо растворяются друг в друге и лучше масла смачивают фитиль. Если скипидар при горении коптит, а спирт дает мало света, то при соотношении скипидара к спирту 4:1 такое горючее дает достаточно яркое пламя при отсутствии копоти.

Характерно, что первые плоские стекла ввиду их небольших размеров и малой

прозрачности использовались не для окон, а для замены слюды в защищаемых от ветра масляных и свечных уличных светильниках, обозначавших вход в жилище, что было особенно актуально в темные безлунные вечера. Эти стекла получали путем быстрого вращения расплавленной стеклянной массы на круге типа гончарного. Для получения более крупных и ровных стекол в дальнейшем стали использовать выдувание расплава стекла в цилиндрическую форму с получением заготовки, которую называли «халаява», дальнейшим отрезанием ее торцов, разрезанием по образующей и раскаткой до плоского состояния. Массовое производство стекол большого размера стало возможным только после создания технологии выливания расплава стекла на поверхность жидкого металла (олова) с дальнейшим остыванием.

До середины XVII в. освещение открытых пространств осуществлялось преимущественно факелами, и то по торжественным случаям или при выездах важных персон. Известен Указ французского короля об освещении прилегающих к домам территорий с помощью светильников, выставляемых на подоконники в частных домах. Понимание необходимости введения вечернего освещения улиц для увеличения безопасности и повышения активности городского населения Парижа привело в 1667 г. к изданию королевского Указа об учреждении уличного освещения, за что (по одной из версий) Людовик XIV и получил прозвище «король-солнце». Первые масляные уличные светильники уже обеспечивали длительное время горения за счет большого объема питающего резервуара. Они устанавливались на столбах и на стенах домов в остекленных фулярах, позже названных фонарями (от др.-греч. *favos* — «светоч»). Эти светильники давали мало света, требовали ежедневного обслуживания и были недостаточно надежны и безопасны. Недаром классик писал: «Далее, ради Бога, далее от фонаря! И скорее, сколько можно скорее, проходите мимо. Это счастье еще, если отделаетесь тем, что он зальет щегольской сюртук ваш вонючим своим маслом. Но и кроме фонаря, все дышит обманом» [10]. Так Н. В. Гоголь живописал типовую неисправность масляного светильника, вызванную самопроизвольным выливанием горячего масла через фитильное отверстие при неплотном вставленном или прогоревшем фитиле светильника с верхним расположением резервуара (по Дж. Кардану).

Для обслуживания масляных уличных светильников требовалось большое число фонарищиков, занимающихся их зажиганием и гашением, периодической чисткой и заправкой фитилей, а также подливом масла.

Введение спирто-скипидарного, а затем и керосинового уличного освещения несколько повысило его качество и надежность и уменьшило трудоемкость обслуживания, однако до сравнения искусственного уличного освещения со светом Солнца была еще долгая дорога...

## Газовое освещение

*Ночь, улица, фонарь, аптека,  
Бессмысленный и тусклый свет...*

А. Блок

Дальнейший прогресс светильников горения был связан с углубленным анализом их работы. Понимание того, что в действительности во всех этих светильниках горит газ, привело к выводу о возможности отделения процесса получения газа (который назвали светильным) от собственно светильника. Эта концепция привела к созданию в начале XIX в. технологической газогенерации (пиролиза) из дерева (Филипп Лебон), угля (Уильям Мердок) и китового жира, а также собственно технологии газового уличного освещения.

Творчески восприняв идеи Лебона, изложенные в краткой газетной заметке, П. Г. Соболевский (рис. 3) создал в 1811 г. в Санкт-Петербурге первую отечественную опытную установку по получению светильного газа. Ему же принадлежит первенство в создании первого русского парохода (1816 г.), первой системы водяного отопления (1834 г.) и отечественной порошковой металлургии. Его пилотный (в современной терминологии) проект уличного газового освещения на Адмиралтейском проспекте в Санкт-Петербурге в 1813 г. не увенчался успехом ввиду консерватизма чиновников от науки [11]. Первую промышленную систему газового освещения ему удалось создать только в 1816 г. Она обеспечивала освещение мастерских Пожвинского (в Пермской области) чугунолитейного и железодельного завода — одного из передовых отечественных заводов, которым владел известный дворянский предприниматель В. А. Всеволожский [12]. Вторая газосветная система была устроена П. Г. Соболевским в имении В. А. Всеволожского Рябово (в дальнейшем поселок, а затем город Всеволожск Ленинградской области).

Благодаря поддержке генерал-губернатора Санкт-Петербурга героя Отечественной войны 1812 г. и почетного члена Российской академии М. А. Милорадовича осенью 1819 г. были зажжены первые газовые уличные фонари на Аптекарском острове. Вскоре газовое освещение по системе П. Г. Соболевского было устроено в помещениях Главного штаба на Дворцовой площади и в домашнем театре генерал-губернатора.

В Европе светильно-газовая промышленность начала активно развиваться на втором этапе первой промышленной революции по окончании Наполеоновских войн. Светильный газ вырабатывался на светильных заводах в крупных газогенераторных установках. Далее газ проходил через очищающие фильтры, закачивался в хранилища (т. н. мокрые телескопические газгольдеры) и поступал через распределительную газовую сеть в светильники с газовыми рожками. Это позволило существенно сократить трудоемкость обслуживания в сравнении с керосиновым освещением (в том числе избавиться от необходимости снятия нагара с фитилей и подлива горячего) и создать первое поколение сетей городского освещения. Количество фонариков резко сократилось.

После же создания автоматически зажигающихся (после подачи газа) светильников нужда в этой профессии практически исчезла.

Уличное газовое освещение впервые появилось в Лондоне в 1813 г., затем в Париже в 1819 г., в Берлине в 1826 г. и несколькими годами позже в других европейских столицах. В Санкт-Петербурге же только в 1835 г. начались работы по организации централизованного газового освещения первой российской акционерной газовой компанией «Общество для освещения Санкт-Петербурга газом». Первый газовый завод был построен на Обводном канале. Чугунные трубы для газопровода производились в Рябовских мастерских.

Вторая акционерная газовая компания была создана в 1858 г. Одним из ее учредителей стал



Рис. 3. Петр Григорьевич Соболевский



Рис. 4. Карл Ауэр фон Вельсбах

прототип героя романа М. Ю. Лермонтова граф А. П. Шувалов, благодаря активной деятельности которого количество газовых рожков компании к 1880 г. достигло 125 тыс. шт., а длина газовых сетей — 241 верста. В 1864 г. газовое освещение появилось в Вильно, в 1865 г. — в Москве и в 1871 г. — в Харькове.

Примечательно, что самый большой в мире мокрый газгольдер емкостью более 400 тыс. м<sup>3</sup> был сооружен в Нью-Йорке, т. е. именно там, где Т. Эдисон в 1890-х годах и начал внедрение своих сетей электрического освещения.

Дальнейший прогресс в газовом освещении был связан с использованием явления свечения веществ, раскаленных до высоких температур. Первоначально это был светильник, в котором столбики гашеной извести нагревались в пламени кислородно-водородной горелки (т. н. «друммондов» свет, созданный Т. Друммондом в 1826 г.). Чаще всего он использовался как театральный, а также в качестве источника света на маяках. «Друммондов» свет был крайне пожароопасен, однако только в конце XIX в. ему нашлась замена в виде электрической дуговой лампы П. Н. Яблочкова.

Наивысшим же достижением в области газового освещения можно считать изобретение Карлом Ауэром фон Вельсбахом (рис. 4) в 1885 г. светильника с калильной сеткой (сетка Ауэра). Ему удалось увеличить световую отдачу газовых светильников за счет применения волокнистой калильной сетки, пропитанной смесью окисей редкоземельных металлов. Яркость свечения точно дозированной раскаленной смеси окиси слаборадиоактивного металла тория (99,1%) и окиси церия (0,9%) в несколько раз превысила яркость свечения «наношариков» сажи в традиционных светильниках горения. В таких светильниках более экономично применять не светильный, а более дешевый природный газ, который при горении сам по себе дает мало света, но создает достаточно высокую температуру.

Прошло совсем немного времени по историческим меркам, и в начале XX в. газовое освещение стало активно вытесняться с городских улиц электрическим светом. До нашего времени только в некоторых городах Европы отдельные сети газового освещения сохранились как историческое и культурное наследие. В Берлине благодаря активности общественного движения «Газосветная культура» (Gaslicht-Kultur) функционируют более 40 тыс. газовых светильников (рис. 5) (в основном в парках и в пешеходных зонах), несмотря на то, что их эксплуатация обходится берлинскому муниципалитету почти вчетверо дороже, чем электрических. Из всех берлинских светильников первыми кандидатами на замену и сдачу в музей являются 4500 газовых светильников для уличного освещения с линейками из четырех, шести и девяти калильных колпачков (рис. 6), которые были установлены еще в 1950-х годах (В. Хильтерхаус). Такая замена может снизить затраты муниципалитета на газ и на обслуживание светильников на несколько миллионов евро в год.

Во многих странах в районах без централизованного электроснабжения получили



Рис. 5. Берлинский газокалильный фонарь

распространение как спиртовые, так и керосиновые лампы с калильными сетками [13]. И до настоящего времени около 1 млрд человек используют керосиновые светильники в удаленных неэлектрифицированных районах Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки и северных районах России. Автономные светильники на изобутане с калильными сетками на современных материалах используются туристами в качестве кемпингового освещения.

### Заключение 1-й части

Доэлектрическая история развития средств искусственного освещения показывает, что их эволюция протекала в виде последовательной смены технологий освещения с периодами одновременного существования и конкурентной борьбы нескольких технологий. Так, в Санкт-Петербурге ровно сто лет назад, в 1913 г., одновременно существовали



Рис. 6. Берлинский газокалильный уличный светильник

газовое, керосиновое и электрическое уличное освещение, практически с одинаковым количеством светильников, поскольку как газовые, так и электрические сети охватывали только отдельные районы города.

Главной причиной замены старых технологий освещения открытых пространств на новые были меньшие суммарные затраты на их внедрение и эксплуатацию. При этом характерно, что в условиях перманентного технического прогресса наивысшие достижения, а часто и научное объяснение сути каждой из этих технологий приходится, как правило, уже на период их отмирания. Например, замена масла в уличных светильниках на смесь спирта со скипидаром и далее на керосин произошла уже во время активной экспансии газового освещения. Калильные светильники появились на закате эры газового освещения, а теория горения углеводородов была создана существенно позже начала заката уже следующей доминирующей технологии — электрического освещения лампами накаливания.

Весьма важно то, что эволюция искусственного освещения происходила параллельно с техническим прогрессом в целом ряде сфер, причем ускорения этого совместного прогресса получали названия технических революций (неолитическая революция, первая промыш-

ленная революция и т. д.). Наш анализ показывает, что ускорения прогресса искусственного освещения вполне заслуживают названия светотехнических революций.

Вторую часть статьи начнем с рассмотрения закономерностей электрической светотехнической революции, старт которой не случайно пришелся на начало второй промышленной революции. ●

*Продолжение следует*

### Литература

1. Бердяев Н. А. Смысл творчества (Опыт оправдания человека). М. 1916.
2. Рапп Ф. Философия техники в ФРГ. М. 1989.
3. Соловьев В. С. Смысл любви / Цикл из 5 статей 1892–1893 гг.
4. Алтшуллер Г. С. Теория решения изобретательских задач. Баку. 1988.
5. Рюмин В. В. Чудеса техники. СПб.: Кн. изд. П. П. Сойкина. 1911.
6. Шухов В. Г., Гаврилов С. П. Установка для перегонки нефти с разложением / При- вилегия Российской Империи № 12926 от 27.11.1891.
7. Фарадей М. История свечи. М.: «Наука». 1980.
8. Налбандян А. Б., Воеводский В. В. Механизм окисления и горения водорода. М.; Л.: Изд- во АН СССР. 1949.
9. Леенсон И. А. Химия пламени // Химия и жизнь. 2011. № 2.
10. Гоголь Н. В. Невский проспект. Собрание сочинений в 9 т. Т. 3. М.: Русская книга. 1994.
11. Дело об исследовании проекта П. Г. Соболевского по освещению Адмиралтейского бульвара. 1813–1814 гг. Российский государственный исторический архив.
12. Казанцев П. М. Пожвинский завод. Историческая хроника. 1754–2004. Коми-Пермяцкое книжное издательство. 2004.
13. Рамси А. Р. Дж. Происхождение и развитие керосиновой калильной лампы // Доклад в Музее Науки. Лондон. 2.10.1968.