

Л. А. Тумерман

ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Среди проблем, связанных с послевоенной реконструкцией нашей страны, важное место займет, несомненно, вопрос о количестве и качестве света, который сумеют дать стране наша энергетика и светотехника. Требования на свет возрастут в огромной степени. Яркие потоки света должны будут залить жилые и общественные здания, улицы и дороги, фабрики и заводы наших возрожденных и обновленных городов. Широкое строительство мелких электростанций несказанно расширит применение электрического освещения в советской колхозной деревне.

Мы должны будем также пойти на значительное повышение норм освещенности в производственных помещениях. Напряженная, часто круглосуточная работа в период войны с особой очевидностью показала, что интенсивное и рациональное освещение является одним из важнейших факторов повышения производительности труда, улучшения качества продукции, уменьшения утомляемости и производственного травматизма. Исходя именно из этих соображений, американцы за годы войны в несколько раз повысили по сравнению с довоенным временем нормы освещенности на своих предприятиях, в первую очередь на военных заводах, и достигли в ряде случаев огромной освещенности — в 500 люксов. По высказываниям ряда видных американских руководителей промышленности и светотехников, расходы, связанные с такой освещенностью, окупаются с лихвой. В ряде случаев оказалось даже возможным строить военные заводы без окон с расчетом на очень интенсивное искусственное освещение в течение круглых суток. Руководители американской промышленности оценивают эти мероприятия как один из важнейших факторов интенсификации труда в военное время и считают, что только улучшение освещения дало возможность поддерживать производительность труда в ночных сменах на уровне производительности дневных смен.

По самой скромной оценке, в реконструктивный период мы должны были бы в два-три раза повысить расход электроэнергии, отпускаемой для целей освещения. А между тем еще в течение ряда лет необходимость всемерной экономии электроэнергии будет оставаться очень острой. Перед войной для целей освещения расходовалось 15—20% всей электроэнергии, производимой в стране. Пойти на увеличение этой доли примерно до 50% довоенной мощности электроэнергетики вряд ли возможно и во всяком случае нецелесообразно.

Необходимо решать задачу иначе. Используя новые достижения физики и светотехники, мы должны дать стране максимум света при минимальном расходе энергии. Практически жизнь предъявляет к нам требование в три-четыре раза увеличить в стране «производство света» без существенного увеличения расхода электроэнергии.

Реальна ли такая постановка задачи? Осуществимо ли это требование? Не колеблясь, отвечаем: да, вполне осуществимо, но только необходимой предпосылкой для успешного решения этой задачи является отказ от общепринятых в настоящее время ламп накаливания как от основного источника искусственного освещения и широчайшее внедре-

ние новых источников света, научная разработка и техническое освоение которых уже в основном закончены нашими институтами и заводами.

Чтобы показать, что этот путь перехода к принципиально новым методам превращения электрической энергии в световую является единственно возможным путем рационального разрешения основных проблем светотехники, остановимся коротко на вопросе об энергетическом балансе и экономике ламп накаливания.

С точки зрения светотехники лампа — это прибор для превращения электрической энергии в световую. Только «производство света» является ее полезным действием. При этом превращение электрической энергии в любую другую форму, в частности в тепло или в невидимые формы излучения, является в лучшем случае потерей, а часто и вредной помехой. Если с этой точки зрения рассмотреть энергетический баланс современных ламп накаливания, то легко увидеть, что он складывается чрезвычайно неблагоприятно. Современная 100-ваттная лампа, например, превращает в видимое излучение только 10—12% поглощаемой ею электрической мощности; на невидимое же инфракрасное излучение приходится около 70—75% мощности, и от 14 до 20% составляют непосредственные «тепловые потери», т. е. расход энергии на нагревание держателей нити, газа и стекла колбы.

Такого рода чисто энергетические подсчеты, однако, еще не дают полной и правильной оценки эффективности того или иного типа ламп. Мы учитываем в них лишь суммарно превращаемую в свет долю электрической энергии, не принимая во внимание цветности этого света, т. е. спектрального распределения энергии, излучаемой в области длин волн от 400 до 700 мμ. Между тем чувствительность человеческого глаза к лучам разного цвета (разной длины волны) различна, и при одной и той же мощности излучения с точки зрения освещения далеко не безразлично, какую долю в нем составляют лучи зеленого цвета и, скажем, красного или синего. Поэтому в светотехнике принято оперировать не лучистым потоком лампы, т. е. всей суммарной излучаемой ею энергией, а так называемым «световым потоком», который представляет собой лучистый поток, оцениваемый по производимому им световому ощущению, т. е. умноженный на некоторый множитель, зависящий от спектрального состава излучения и характеризующий его световую эффективность. Величину светового потока принято измерять в специальных фотометрических единицах — люменах, а эффективность ламп оценивается величиной их светоотдачи, т. е. количеством люменов светового потока, который данная лампа дает при расходе мощности в 1 ватт.

Наш глаз в нормальных условиях наиболее чувствителен к лучам зеленого цвета, с длиной волн около 560 мμ. Лучистый поток мощностью в 1 ватт, сосредоточенный в этой области длин волн, соответствует световому потоку в 620 люменов. По мере приближения к синему или красному концу спектра чувствительность глаза падает, и тот же лучистый поток в 1 ватт, но сосредоточенный, например, в синей части спектра, с длиной волны около 435 мμ, дал бы световой поток всего лишь в 13,5 люмена. Точно так же, если бы этот лучистый поток в 1 ватт был сосредоточен в длине волны 700 мμ (красный свет), он соответствовал бы световому потоку лишь в 2,5 люмена.

Мы можем иными словами сказать, что идеальный источник искусственного света, т. е. источник, полностью превращающий всю поглощаемую им электрическую энергию в излучение и притом в излучение как раз с той длиной волны, к которой наш глаз наиболее чувствителен, обладал бы светоотдачей в 620 люменов на ватт. Однако такой источник можно считать идеальным лишь с чисто экономической точки зрения. Практически же такая зеленая лампа, как и всякий другой цветной источник, была бы непригодна. За долгие тысячелетия своей

биологической эволюции наш глаз приспособился к определенному составу естественного дневного освещения, который воспринимается нами как «белый» свет. Когда мы ищем источник искусственного освещения, нам нужен не только экономичный источник, но обязательно источник с распределением энергии, более или менее близким к солнечному спектру. Нам нужна «белая» лампа. Это требование «белизны» света — требование, от которого мы не можем отказаться, — по самой сути дела значительно ограничивает светоотдачу практически пригодного идеального источника.

Понятие «белого» света не очень точно определено, но все же простой расчет показывает, что источник, который превращал бы всю поглощаемую им энергию в видимое излучение белого цвета, имел бы светоотдачу около 250 люменов на ватт. Фактически же даже лучшие из современных ламп накаливания имеют светоотдачу в 10—14 люменов на ватт. Лишь в очень мощных лампах светоотдачу удается повысить до 18—20 люменов на ватт и то за счет значительного сокращения срока их службы. Таким образом современное положение вопроса об источниках света характеризуется тем, что наш основной осветительный прибор — лампа накаливания — примерно в 20—25 раз хуже идеального источника белого света.

Интересно взглянуть на вопрос еще и с другой точки зрения — проанализировать динамику развития ламп накаливания, посмотреть, быстро ли возрастает их экономичность. Картина здесь получается крайне безотрадная. Несмотря на очень быстрый рост количества выпускаемых ламп, несмотря на огромную исследовательскую работу, которая во всем мире ведется в этой области на протяжении свыше 50 лет, несмотря на то, что технологический процесс изготовления ламп разработан во всех деталях и почти полностью автоматизирован, — несмотря на все это существенный технический прогресс ламп накаливания затормозился и уже свыше 30 лет почти отсутствует.

В первые годы существования ламп накаливания их экономичность росла весьма быстро. Если в конце прошлого века эдиссоновская лампа накаливания с угольной нитью имела светоотдачу всего лишь в 3—3,3 люмена на ватт, то уже в 1906 г. переход к лампам с вольфрамовой нитью дал возможность повысить светоотдачу до 8—10 люменов на ватт, т. е. в три раза. С 1913 г. в результате работ Лэнгмюра оказалось возможным от ламп с прямой нитью перейти к вакуумным и газонаполненным лампам со спиральными нитями, и это повысило светоотдачу еще процентов на 50. С тех пор, однако, и по сегодняшний день повышение светоотдачи идет необычайно медленно; оно измеряется несколькими процентами. Бесконечно разнообразятся типы ламп, выпускаемых заводами всего мира, — от ламп-гигантов мощностью в 10—20 киловатт до миниатюрных ламп величиной с горошину, уточняется и автоматизируется технология их изготовления, улучшается их светораспределение и отделка, увеличивается срок жизни, но важнейший экономический показатель качества ламп — их светоотдача — стоит недвижно, почти не повышаясь на протяжении ряда десятилетий.

Уже самый факт этого технического застоя в такой прогрессирующей области, как производство ламп накаливания, указывает, что должны существовать какие-то очень глубокие причины, препятствующие повышению их светоотдачи. Такой застой не может быть случайным. И, действительно, законченное к началу нашего века глубокое изучение законов излучения нагретых тел показывает, что современные лампы накаливания почти достигли «потолка», определяемого этими неумолимыми законами природы.

Лампа накаливания, как ясно уже из самого ее названия, является «тепловым» источником излучения. Энергия электрического тока, про-

ходящего по ее нити, превращается в тепловую форму энергии. За счет этого тепла нить раскаляется до очень высокой температуры и начинает светиться.

Законы излучения различных тепловых излучателей хорошо изучены. Они показывают, что абсолютная величина и спектральный состав излучения полностью определяются температурой нити. В частности, ею определяется и соотношение между долей энергии излучения, приходящейся на видимый свет, и долей, приходящейся на невидимое инфракрасное излучение. При температуре около $2500\text{--}2700^\circ$, при которой находится нить лампы, лишь очень небольшая доля всего излучения может падать на видимый свет. Огромный, но светотехнически бесполезный придаток невидимого излучения, энергия которого в современных лампах раз в семь превышает энергию видимого света, является совершенно неизбежным, и единственный способ относительно уменьшить эту долю инфракрасных лучей и вместе с тем улучшить распределение энергии в видимой части, а следовательно общую экономичность ламп заключался бы в значительном повышении температуры нити. Если бы, например, мы могли повысить температуру нити до 6500° , то светоотдачу лампы можно было бы повысить в несколько раз. К сожалению, однако, этот путь практически невозможен, так как с ростом температуры чрезвычайно быстро растет скорость испарения вольфрама и сокращается срок службы ламп. При температуре около 3300° вольфрам плавится. Найти для замены вольфрама какие-нибудь другие вещества, выдерживающие длительное нагревание до более высоких температур, не удалось, и путей к их нахождению не видно. Таким образом рассчитывать на существенное повышение температуры нитей ламп накаливания не приходится, а при практически осуществимой температуре огромные потери на инфракрасное излучение неизбежны.

Единственным резервом, за счет которого может идти повышение экономичности ламп накаливания, является дальнейшее уменьшение тепловых потерь. Но уже сейчас эти потери составляют, как мы видели, $14\text{--}20\%$. Поэтому возможности, которые открывает их дальнейшее уменьшение, невелики, и за счет этого резерва нельзя существенно увеличить светоотдачу ламп.

Вывод из сказанного ясен. Лампа накаливания в ее теперешнем виде близка к естественному пределу своей экономичности и не способна к дальнейшему существенному прогрессу. А между тем общий закон развития неумолим: то, что не может прогрессировать, отмирает.

На смену электрическим лампам накаливания и вообще тепловым источникам света идут новые источники света — люминесцентные. Эта замена подготовлялась в тиши научных лабораторий уже давно, но лишь в последние 5—6 лет удалось создать такие типы новых ламп, которые могли быть приняты к массовому производству. Тем не менее уже в настоящее время в США производятся многие десятки миллионов штук этих ламп в год.

Получение света за счет нагревания до очень высокой температуры какого-нибудь твердого тела отнюдь не является единственно возможным способом получения света. Известно огромное количество явлений, в которых то или иное тело излучает свет без нагревания до температуры соответствующего теплового излучателя или даже вообще без сколько-нибудь заметного нагревания. Все такие явления носят общее название явлений люминесценции.

Явления эти весьма разнообразны и по механизму тех процессов, которые приводят к излучению света, и по природе самих люминесци-

рующих веществ. Всем известно, например, зеленоватое свечение некоторых насекомых — светляков. Это — одно из явлений хемилюминесценции. Так называют процессы, в которых часть химической энергии, освобождающейся при той или иной реакции, тратится на возбуждение участвующих в реакции молекул и затем излучается этими молекулами в виде света. Другую очень распространенную группу явлений люминесценции составляют так называемые явления фотолюминесценции, при которых те или иные вещества испускают свет определенного спектрального состава под действием облучения их видимыми или невидимыми лучами другой длины волны. Как правило, всегда излучается свет большей длины волны (меньшей частоты), чем свет возбуждающий. Так например, если освещать растворы многих красителей синими или ультрафиолетовыми лучами, то они дают яркое зеленое или оранжевое свечение. Эти вещества являются таким образом трансформаторами частоты светового излучения: они поглощают излучение одной частоты и испускают излучение другой (меньшей) частоты.

Среди огромного числа фотолюминесцирующих веществ особенно важное значение приобрела в последнее время группа так называемых кристаллофосфоров. Это — кристаллические вещества относительно простого химического состава (сульфиды цинка, кадмия или щелочных и щелочно-земельных металлов, силикаты цинка, бериллия, кадмия, вольфраматы магния и т. п.), в кристаллическую решетку которых введен в ничтожных количествах атомы тяжелого металла — активатора. Существенным внешним отличием люминесценции кристаллофосфоров от люминесценции сложных органических молекул является различие в длительности свечения после прекращения возбуждения. В то время как свечение (флуоресценция) молекул прекращается практически немедленно после прекращения возбуждения (длительность послесвечения составляет несколько стомиллионных долей секунды), кристаллофосфоры обладают свойством накапливать в себе известный запас световой энергии и очень медленно расходовать его после прекращения возбуждения. Их свечение (фосфоресценция), постепенно слабее, может длиться несколько часов и даже суток.

К числу явлений люминесценции относится и излучение света при электрическом разряде в газах, т. е. при прохождении электрического тока через газы. Такого рода явления (электрическая искра, вольтова дуга, свечение так называемых гейслеровых трубок с разреженными газами) известны и изучаются уже очень давно. В последние годы это изучение привело к созданию ряда разнообразных газоразрядных источников света. Наиболее широко известными из них являются те неоновые (красные) и аргоновые (синие) трубки, которые перед войной так широко применялись в больших наших городах для рекламного и декоративного освещения. Однако прямого светотехнического применения как источники света эти трубки, конечно, иметь не могли.

Наряду с этими газоразрядными трубками усиленно разрабатывались и другие типы газоразрядных ламп с очень большим световым потоком и высокой светоотдачей. Среди них наибольшее значение имеют лампы, в которых разряд происходит в парах натрия или ртути.

Световая отдача газоразрядных ламп может быть чрезвычайно высокой. Лабораторные образцы натровых ламп, например, превращают в видимое излучение до 80% электрической мощности и имеют светоотдачу до 400 люменов на ватт. Технические натровые лампы по ряду причин имеют меньшую светоотдачу — около 60 люменов на ватт, но все же и они по экономичности превышают лампы накаливания в четыре-пять раз. Ртутные лампы типа «Игар», выпускаемые Московским электроламповым заводом, имеют светоотдачу до 30 люменов на ватт, а в так называемых лампах сверхвысокого давления, где давление па-

ров ртути достигает десятков атмосфер, светоотдача повышается до 50 люменов на ватт.

Несмотря на эту высокую экономичность, ртутные и натровые лампы не получили широкого светотехнического применения. Главным препятствием для их широкого введения в осветительную практику является то обстоятельство, что они дают свет не белый, а резко окрашенный. Натровые лампы светят оранжево-желтым, ртутные — синевато-зеленым светом. Это делает их практически совершенно непригодными не только для освещения помещений, но и для уличного освещения. Незадолго перед войной в Москве была сделана попытка осветить некоторые улицы натровыми и ртутными лампами. Попытка эта оказалась неудачной, и лампы пришлось снять вследствие протестов населения. Мертвя-

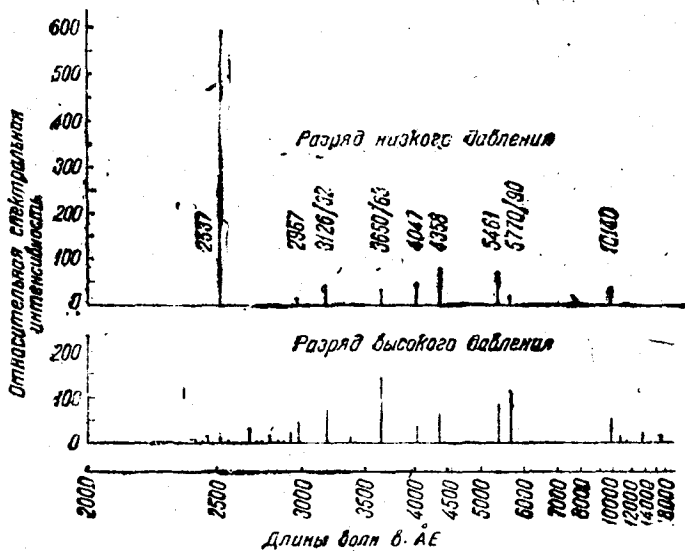


Рис. 1. Спектральное распределение энергии, излучаемой ртутными лампами высокого и низкого давления

щий зеленоватый свет ртутных ламп и призрачное желтое свечение натровых ламп не дают возможности использовать эти лампы в/сколь-ко-нибудь широких размерах.

Неудовлетворительная цветность газоразрядных ламп связана с теми же свойствами, которые обуславливают их высокую экономичность. Суть дела заключается в том, что если спектр тепловых излучателей полностью определяется их температурой и в очень малой степени зависит от индивидуальной природы самого излучателя, то спектр каждой газоразрядной лампы содержит лишь определенный набор спектральных линий, характерных для того газа, которым лампа наполнена. Излучение натровой лампы, например, содержит только одну линию с длиной волны 589 мμ, в которой сосредоточено до 99% мощности излучения. Ртутный разряд содержит набор видимых и ультрафиолетовых линий, соотношение между интенсивностями которых, как видно из рис. 1, в основном определяется давлением ртутного пара в лампе, но в излучении могут присутствовать только эти линии. Именно это обстоятельство и позволяет освободить газоразрядные лампы от огромного бесполезного «привеска» инфракрасного излучения, являющегося неизбежным в тепловых источниках. Но оно же обуславливает и резко выраженную цветность всех газоразрядных ламп.

Правда, принципиально не исключена возможность такого подбора смеси паров или газов в лампе, чтобы она давала практически белый

свет, и небезуспешные работы в этом направлении ведутся, в частности в СССР. Но пока эта задача практически не разрешена, и приходится искать другие способы исправления цветности газоразрядных ламп, ибо без такого исправления они не могут широко войти в светотехническую практику.

Наиболее успешно на настоящий момент эта задача разрешена с помощью ртутных ламп низкого давления, цветность которых исправлена с помощью кристаллофосфоров. Именно эти лампы, в промышленности фигурирующие под названием «флуоресцентных ламп» («fluorescent lamps»), получили уже очень широкое распространение в США. Не может подлежать сомнению, что и у нас на ближайший отрезок времени развитие новой светотехники должно базироваться именно на этом типе газоразрядных источников света.



Рис. 2. Внешний вид люминесцентной лампы (для сравнения вверху показаны лампы накаливания)

Флуоресцентные лампы, общий вид которых показан на рис. 2, а разрез — на рис. 3, представляют собой длинные и сравнительно узкие трубки, заполненные аргоном при давлении в 3—4 мм и содержащие небольшое количество ртути. На ножках, впаянных в противоположные концы трубок, укреплены короткие куски вольфрамовой спирали, покрытой пастой из окисей щелочно-земельных металлов. Целью этого

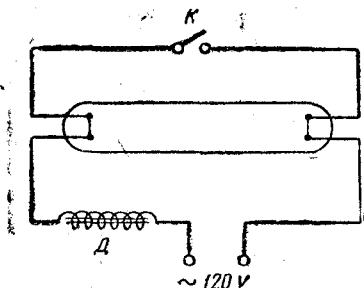


Рис. 3. Разрез люминесцентной лампы и схема ее включения

оксидного покрытия является облегчение эмиссии электронов с разогретых электродов. При включении лампы ключ K (см. рис. 3) должен быть замкнут. Ток проходит при этом последовательно через оба электрода и разогревает их. После этого ключ размыкают, и ток идет через газ в трубке от одного электрода к другому. На практике вместо ключа применяют так называемый стартер — миниатюрное газоразрядное реле, которое автоматически замыкает цепь электродов при зажигании лампы и затем так же автоматически разрывает эту цепь.

Лампы включаются непосредственно в сеть переменного тока с напряжением в 120 или 220 вольт, но для того, чтобы они устойчиво горели, напряжение на электродах лампы должно составлять лишь около половины сетевого напряжения. Избыток напряжения нужно погасить на

каком-нибудь сопротивлении, включенном последовательно с лампой. Применять в качестве такого балласта реостат (омическое или активное сопротивление) нецелесообразно, так как это означает бесполезный расход энергии. Поэтому в качестве балласта всегда применяют небольшое по габаритам индуктивное сопротивление — дроссель D на рис. 3. Наличие такого дросселя несколько понижает коэффициент мощности ($\cos \varphi$) осветительной установки, и поэтому при большом числе установленных ламп приходится исправлять данный коэффициент с помощью конденсаторов. Все это несколько усложняет монтаж ламп и удорожает их установку, однако дополнительные расходы с избытком компенсируются огромными преимуществами новых ламп по сравнению с лампами накаливания.

Давление паров ртути в лампе определяется температурой, которая устанавливается в ней при разряде. Эта температура очень низка: лампа не разогревается больше, чем до 50—55°. При столь низкой температуре давление паров ртути, насыщающих пространство внутри лампы, равно примерно 0,01 мм ртутного столба. Как мы отмечали уже выше, распределение интенсивности между отдельными линиями спектра ртути в основном определяется давлением ее паров. При тех давлениях, какие имеют место в описываемой лампе, это распределение коренным образом отличается от распределения в лампах с давлением паров ртути порядка одной или нескольких атмосфер. Если в лампах высокого и сверхвысокого давления очень значительная часть энергии сосредоточена в линиях видимой части спектра и в сравнительно длинноволновых ультрафиолетовых линиях (линия 365 м μ и группа линий в области 280—312 м μ), то в разряде низкого давления подавляющая доля энергии излучения приходится на так называемые резонансные линии с длинами волн 254 и 185 м μ . Особенно сильна первая из этих линий, в которой излучается до 50% всей электрической мощности, поглощаемой лампой. Линии длинноволновой ультрафиолетовой области и видимые линии чрезвычайно слабы. Их суммарная мощность не превышает нескольких процентов от мощности линии 254 м μ . Таким образом по сути дела ртутная лампа низкого давления является лишь мощным и экономичным источником коротковолнового ультрафиолетового излучения. Видимого света она дает очень мало.

Заметим мимоходом, что это коротковолновое излучение обладает чрезвычайно сильным бактерицидным и бактериостатическим действием, т. е. обладает способностью убивать бактерии, находящиеся в воздухе или на поверхности облучаемых предметов, и останавливать их дальнейшее размножение. Описанного типа ртутные лампы низкого давления, изготовленные в трубках из специальных сортов стекла, прозрачного для коротковолнового ультрафиолета, носят название бактерицидных ламп. Они нашли себе в США очень широкое применение для дезинфекции воздуха в операционных, инфекционных больницах, детских учреждениях, местах массового скопления людей и т. п. Широкое применение их может, несомненно, значительно улучшить и наши санитарные условия. Кроме того, как показали исследования проф. Г. М. Франка, излучение этих ламп имеет своеобразное и очень сильное терапевтическое действие и может с успехом применяться для лечения ряда заболеваний.

Однако как источник искусственного освещения ртутная лампа низкого давления, конечно, непригодна. Чтобы превратить ее в осветительный прибор, нужно трансформировать излучаемую ею энергию ультрафиолетового излучения в видимый свет. Это и осуществляется в флуоресцентной лампе с помощью тонкого слоя кристаллофосфора, нанесенного на внутреннюю стенку трубки лампы. Поглощая ультрафиолетовое излучение разряда, этот слой сам светится ярким светом

того или иного цвета в зависимости от состава кристаллофосфора и способа его приготовления. Так можно трансформировать ультрафиолетовое излучение в красный, зеленый, синий свет и получать лампы самых различных цветов. Можно составить и такую смесь кристаллофосфоров, чтобы излучение лампы по своему спектральному составу довольно близко подходило к дневному свету или имело белый цвет того или иного оттенка.

Таким образом в флуоресцентных лампах дважды используются явления люминесценции. Сначала энергия электрического тока прямо, без промежуточного нагревания превращается в энергию ультрафиолетового излучения, а затем в слое кристаллофосфора эта последняя трансформируется в энергию видимого излучения нужного нам спектрального состава. Оба процесса характеризуются довольно высокой экономичностью. В ультрафиолетовое излучение превращается, как мы уже отмечали, до 50% электрической мощности. Второй процесс — трансформация частоты излучения — протекает при несколько меньшей экономичности, но все же лампа отдает в форме видимого света до 15—20% поглощаемой ею энергии. Все излучение лампы сосредоточено в видимой части спектра, и мы свободны от того обязательного привеса невидимых лучей, который неизбежно сопровождает видимое излучение в тепловых источниках. Благодаря этому светоотдача флуоресцентных ламп очень высока. Бывшие в нашем распоряжении американские лампы (выпуска 1938—1939 гг.) имеют светоотдачу в 35—40 люменов на ватт, а по имеющимся в литературе данным за последние годы американцам удалось повысить светоотдачу этих ламп до 45—50 люменов на ватт. Если даже не принимать на веру этих сообщений и ограничиться абсолютно достоверной цифрой светоотдачи в 35 люменов на ватт, то и тогда светоотдача люминесцентных ламп в три-четыре раза превышает светоотдачу применяющихся в настоящее время ламп накаливания.

Таким образом новые источники света действительно дают возможность полностью решить задачу, выдвигаемую перед нами потребностями реконструктивного периода. Они позволяют увеличить в несколько раз количество света в нашей стране, притом без увеличения расхода энергии на цели освещения. Приведем несколько данных, характеризующих масштабы той грандиозной экономии энергии, которую может дать массовая замена существующих ламп накаливания новыми источниками света. Заменяв примерно 50 млн. ламп накаливания средней мощности люминесцентными, мы получим экономию электроэнергии, равную всей проектной годовой производительности такой станции, как Днепрогэс. Полная замена ламп накаливания новыми лампами для освещения помещений равносильна, по подсчетам Наркомэлектропрома, экономии в 800 000 киловатт установленной мощности.

Этот колоссальный экономический факт уже сам по себе достаточно ясно говорит о том, что развитие светотехники должно пойти по пути скорейшей и возможно более широкой замены ламп накаливания новыми источниками света. Однако люминесцентные лампы обладают еще рядом преимуществ, делающих их совершенно незаменимыми в ряде случаев.

Важнейшим из этих преимуществ является возможность легко варьировать оттенки белого цвета, излучаемого данными лампами, и, в частности, возможность получать лампы «дневного света», т. е. со спектральным составом, близким к составу дневного света. Как известно, лампы накаливания дают свет не совсем белый, а слегка желтоватый. Цветопередача при искусственном освещении отличается поэтому от цветопередачи при дневном свете. Многие окрашенные предметы при электрическом освещении имеют совсем иной вид, чем на дневном свете. Всякий, кому случалось выбирать галстук или матерью при свете

ламп, имел возможность убедиться в этом на собственном горьком опыте. Лампы дневного света свободны от такого недостатка. Восприятие цветов и оттенков при освещении этими лампами тождественно с восприятием их при естественном освещении. Это имеет огромное значение для ряда отраслей промышленности, в которых правильная цветопередача играет первостепенную роль. Сюда относятся такие отрасли промышленности, как текстильная, лако-красочная, полиграфическая и т. д. Очень важное значение будет иметь применение этих ламп для освещения картинных галлерей и мастерских художников. Демонстрации новых ламп, проведенные в мастерских крупнейших наших художников, показали, по единодушному отзыву, что новые источники света не только сохраняют возможность рассматривать при искусственном свете картины и видеть их такими, какими они кажутся при дневном свете, но и позволяют художникам работать по вечерам, что в наших условиях очень важно.

Для ряда отраслей промышленности очень важно другое свойство люминесцентных ламп — их малая яркость. Весь световой поток, излучаемый лампой накаливания, исходит из небольшой поверхности нити, имеющей чрезвычайно высокую яркость. Этим обусловлено слепящее действие лампы, если смотреть прямо на нее, и появление резких рефлексов, бликов, утомляющих глаза и вредно действующих на зрение, при работе с блестящими, отражающими свет предметами. Для борьбы с этими явлениями так называемой «блескости» приходится применять лампы накаливания в более или менее сложных отражающих или рассеивающих светильниках (арматурах), которые значительно, иногда больше чем в два раза, снижают коэффициент использования светового потока ламп. В люминесцентных лампах свечение равномерно распределено по сравнительно большой поверхности трубки. Поэтому яркость светящейся поверхности невелика, и лампы можно применять либо совсем без арматуры, либо в арматуре очень простого типа (рис. 4) с большим коэффициентом использования света.

Отсутствие блескости имеет первостепенное значение для таких отраслей промышленности, как металлообрабатывающая и промышленность точного приборостроения. Именно поэтому американцы в первую очередь применили новые лампы для освещения авиационных, автомобильных, артиллерийских и тому подобных заводов. Число новых ламп, установленных на таких заводах, как «Дуглас», «Форд», «Бойнт», Государственный арсенал и ряд других, уже измеряется многими десятками и сотнями тысяч.

Прочие, быть может, менее существенные, но также достаточно важные, преимущества новых ламп весьма многочисленны. Среди них нужно отметить очень большой срок службы, достигающий 3—4 тыс. часов, т. е. в три-четыре раза превышающий срок службы ламп накаливания, и более высокую механическую прочность, допускающую установку новых ламп в таких условиях, где они подвергаются усиленной вибрации или сильным толчкам.

Наконец есть основания полагать, что эти лампы окажутся взрывобезопасным источником света и дадут возможность разрешить важнейшую проблему стационарного освещения шахт, прежде всего угольных. Соответствующие опыты проводятся в настоящее время Народным комиссариатом угольной промышленности.

Справедливость требует, однако, отметить и один существенный недостаток люминесцентных ламп, несколько ограничивающий область возможного их применения. Люминесцентные лампы устойчиво горят и имеют указанную выше светоотдачу только при температуре окружающей среды в 15—20°. При понижении температуры светоотдача падает, а ниже 0° лампы практически не могут применяться. Поэтому новые

источники света могут найти себе применение только для освещения помещений с нормальной комнатной температурой. Для уличного освещения и вообще для освещения открытых пространств они в нашем климате не пригодны. Для этих целей в настоящее время разрабатываются другие типы ламп, также представляющие собой сочетание газоразрядных источников света с кристаллофосфорами. Полученные результаты являются многообещающими, но техническая разработка таких ламп еще далеко не закончена.

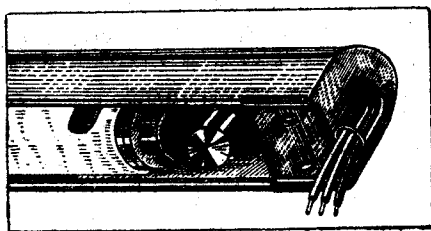
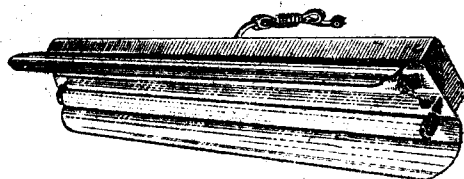
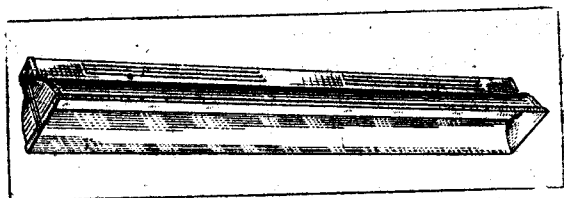
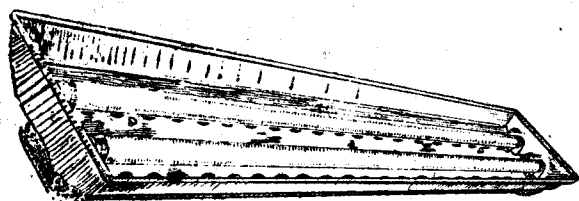


Рис. 4. Образцы светильников (арматуры) для люминесцентных ламп

Указанные выше многочисленные и важнейшие преимущества люминесцентных ламп обеспечили чрезвычайно быстрые темпы их внедрения в практику в США (см. примеры их применения на рис. 5, 6 и 7). Начав пробный выпуск ламп в 1938 г. с количества 250 000 штук в год, американцы уже к 1942 г. довели выпуск их до нескольких десятков миллионов штук в год. По имеющимся данным, за годы войны американцы построили ряд специальных заводов новых источников света, причем каждый из этих заводов может выпускать свыше 60 млн. ламп в год.

Каково же положение в СССР с подготовкой к выпуску этих новых важнейших источников света? Разработкой новых типов ламп у нас занимались два научно-исследовательских учреждения — Физический институт АН СССР и Всесоюзный электротехнический институт.

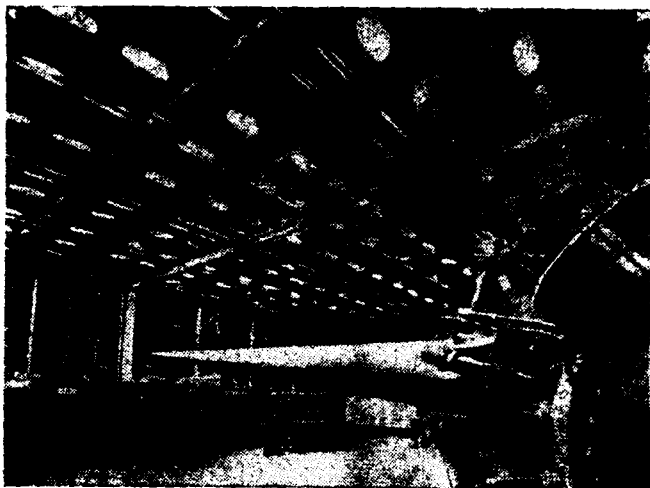


Рис. 5. Американский авиастроительный завод, освещенный люминесцентными лампами



Рис. 6. Сборочный цех авиационного завода «Аустин», освещенный люминесцентными лампами

В обоих институтах работа началась примерно с 1938 г. и была в основном, в своей лабораторной стадии, закончена незадолго перед началом войны. На Общем собрании Академии Наук СССР весной 1941 г. академик С. И. Вавилов докладывал о результатах этой работы и демонстрировал образцы ламп, более или менее близких по своим качествам к американским¹. Предстояло заводское освоение их и подготовка мас-

¹ С. И. Вавилов, «Вестник Академии Наук СССР» № 7—8, 1941 г.

сового производства. За эту работу очень горячо и с большим подъемом взялась лаборатория Московского электролампового завода. Положив в основу разработку, переданную ей Физическим институтом АН СССР, лаборатория завода интенсивно принялась за ее улучшение и разработку технологии массового производства. Выпуск ламп должен был, по решению директивных органов, начаться в конце 1941 г. Разразившаяся война затормозила работы по подготовке производства новых источников света, однако, хотя и в сокращенных размерах, они все же велись, а с 1943 г. получили новый довольно значительный разворот. Лаборатория завода не только сумела за это время разрешить большое количество чисто технологических вопросов, но и весьма существенно улучшила первоначальную полученную ею от Физического института АН СССР разработку. Можно считать, что в настоящее время в результате проделанной работы завод располагает достаточной технической базой для организации (по крайней мере опытного) производства в масштабе многих десятков тысяч ламп. По основному экономическому показателю — светоотдаче — наши лампы еще несколько уступают американским. Их светоотдача в среднем равна примерно 30—35 люменам на ватт. Достичь и превзойти результаты США можно будет только в процессе

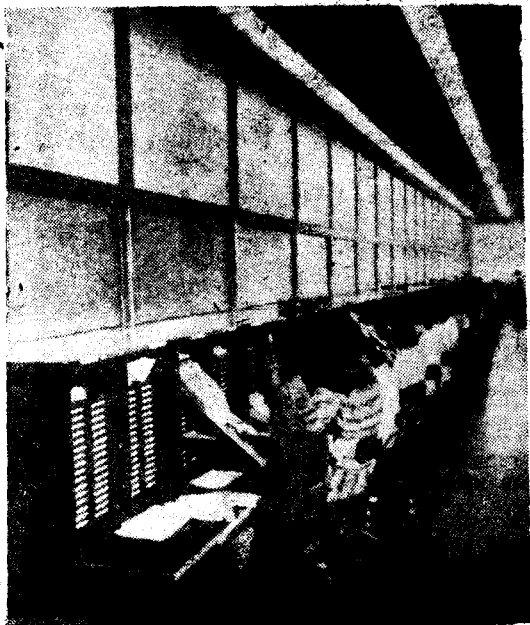


Рис. 7. Применение длинных рядов люминесцентных ламп для освещения конторских помещений в США

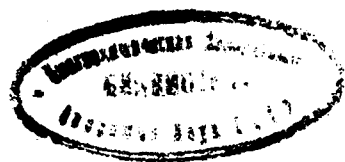
массового выпуска и параллельной интенсивной исследовательской работы.

Чего у нас пока нет совершенно и что нам остро нужно — это опыт эксплуатации новых источников света. Такой опыт мы не сможем приобрести, пока не будет налажен сколько-нибудь значительный выпуск люминесцентных ламп. Вот почему мы считаем, что организация хотя бы экспериментального цеха на Московском электроламповом заводе является в настоящее время важнейшей задачей, от скорейшего разрешения которой зависят темпы внедрения новых ламп в народное хозяйство нашей страны. Возможно также, что было бы целесообразно поставить вопрос об импорте известного количества американских ламп для пробной их эксплуатации, а также об импорте американского оборудования для производства новых ламп.

Во всяком случае нужно надеяться, что в ближайшее время мы получим тысячи, а через относительно непродолжительный срок — миллионы и сотни миллионов новых ламп, которые позволят наиболее рационально решить проблемы освещения в нашей стране.

ВЕСТНИК Др. 59 г. АКАДЕМИИ НАУК СССР

221



1-2

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1945