

Тестирование и анализ характеристик ртутных и амальгамных бактерицидных УФ ламп НД разных производителей

М.Е. АЛЛАШ¹, Л.М. ВАСИЛЯК², Н.П. ЕЛИСЕЕВ³, О.А. ПОПОВ³, *Д.В. СОКОЛОВ⁴

¹Lighttech Kft, Будапешт, Венгрия, ²ОИВТ РАН, ³НИУ «МЭИ» и ⁴НПО «ЛИТ», Москва, РФ

*E-mail: sokoloff@npo.lit.ru

Автореферат

Проведённое тестирование образцов бактерицидных УФ ламп НД, представленных на российском рынке, показало их недостаточно высокое качество. Они были разработаны и изготовлены по ТЗ конкретных производителей или являются репликами УФ ламп известных брендов, но изготовленными по собственной технологии. Кроме того, эти изделия не отвечают специфике УФ облучательного оборудования для обеззараживания воды, с которым эти лампы могут использоваться потребителями.

Ключевые слова: бактерицидные лампы, ртутные лампы НД, амальгамные лампы, УФ излучение, установки обеззараживания воды.

1. Введение

УФ излучение (УФИ) широко применяется в разных областях, одна из которых – обеззараживание воды, воздуха и поверхностей. За последние 15–20 лет обеззараживание УФИ пережило быстрый подъём и позволило кардинально изменить подходы к обеззараживанию сред, но наиболее значительно оно развивалось именно как метод обеззараживания питьевых и сточных вод. УФИ также широко используется для обеззараживания воздуха и поверхностей в медицинских учреждениях, в местах массового скопления людей, на транспорте и в других областях, таких как пищевая, фармакологическая и электронная промышленность, медицина, обратное водоснабжение, рыбозаводство, тепличное хозяйство и т.п. [1].

В качестве источников УФИ для обеззараживания в большинстве применений используются ртутные и амальгамные трубчатые УФ лампы НД, а также ртутные лампы среднего (высокого) давления [2]. В России лампы среднего (высокого) давления в оборудовании для обеззараживания воды не получили значительного распространения из-за их низкого энергетического КПД в области бактерицидного УФИ [1], низкого срока службы [3] и высокой температуры колбы лампы, хотя и нашли применение, например, в бассейновых установках, установках для обезвреживания балластной воды и в установках с активированными окислительными процессами (AOPs, *Advanced Oxidation Processes*) [1, 4] для разрушения химических микропримесей в воде.

В настоящее время ведущие мировые производители, такие как *Philips* (Нидерланды), *Lighttech/LSI* (Венгрия/США), *Heraeus Noblelight* (ФРГ) и НПО «ЛИТ» (РФ/ФРГ), предлагают ртутные и амальгамные лампы НД мощностью от 15 до 1000 Вт с энергетическим КПД на длине волны λ 254 нм от 30 до 40 % и полезным сроком службы 8000–16000 ч. В России ртутные и амальгамные УФ лампы производят НПО «ЛИТ» (Москва) и ООО «НИ-

ИИС им. А.Н. Лодыгина» (Саранск). На базе этих ламп производится УФ облучательное (УФО) оборудование разной производительности для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей в разных условиях. К крупнейшим мировым производителям водного УФО оборудования можно отнести *Trojan* (Канада), НПО «ЛИТ» (РФ/ФРГ), *Wedeco Xylem* (ФРГ/США), *Halma group* (*Hanovia*, *Aquionics*, *Berson*) (Великобритания/США/Нидерланды), *Calgon Carbon* (США) и *NewLand* (КНР). В России помимо НПО «ЛИТ» установки для обеззараживания воды на основе ртутных или амальгамных ламп также производят НПО «ЭНТ» (Санкт-Петербург), «УФТЕХ» (Сергиев Посад), «Промышленные УФ системы» (Санкт-Петербург) и несколько др. компаний.

В настоящее время в России сформировался рынок производителей и потребителей бактерицидных УФ ламп НД. Это и вышеперечисленные производители УФО оборудования, и их заказчики: водоканалы, предприятия пищевой промышленности, производители и покупатели бассейнов и аквапарков, медицинские учреждения, а также индивидуальные пользователи оборудования для обеззараживания воды и воздуха, количество которых ежегодно растёт.

Естественно, что динамично развивается и так называемый рынок «релампинга», на котором зачастую работают поставщики неоригинальных комплектующих, в том числе УФ ламп неизвестного происхождения. Большое количество светотехнической продукции неизвестного происхождения устанавливается в УФО оборудование без учёта его особенностей и технических регламентов обслуживания. Статистические данные, получаемые от потребителей, показывают большой рост числа нештатных и даже аварийных ситуаций, связанных с использованием УФ ламп, неправильно подобранных для того и иного оборудования. Порой ситуация комична, когда, например, приобретённая лампа имеет другие габариты или другие электрические вводы и попросту не может быть использована в конкретном оборудовании, а порой ситуация трагична, когда использование таких ламп приводит к авариям: например, к выходу из строя систем питания и управления, а иногда и к возгоранию оборудования, не говоря уж об изменении режимов процесса обеззараживания.

Ещё одна сложность данной проблемы в том, что сертификация такой светотехнической продукции как УФ лампы на территории стран Таможенного союза носит добровольный характер. Сертификат соответствия техническому регламенту ТС носит декларативный характер и информирует потребителя о безопасности продукта. При этом любая иная техническая информация, например, электрические характеристики, поток УФИ, результаты ресурсных испытаний и др., находится целиком на совести компании-продавца УФ ламп. Некоторые компании открыто копируют ТУ лидеров этого рынка *Lighttech*, *Osram*, «ЛИТ»

и пр. Радиометрические измерения параметров УФ ламп представляют собой достаточно сложную задачу, требуют знания методик измерения УФИ длинных ламп, наличия специального оборудования и квалифицированного персонала. Недобросовестные компании активно пользуются этим, учитывая, что проверить или опровергнуть заявляемые ими в паспортах или ТУ характеристики сложно.

В последнее время к специалистам по этим источникам УФИ стали регулярно обращаться потребители с целью проведения экспертиз УФ ламп на соответствие заявленным характеристикам, а зачастую и просто с просьбой оценки их работоспособности. Так, к авторам статьи с подобной просьбой обращалось несколько заказчиков такой продукции для обеззараживания воды: инжиниринговые компании, водоканалы, сервисные компании и владельцы нескольких частных бассейнов.

Целью данной работы было тестирование амальгамных и ртутных УФ ламп НД, поступающих на российский рынок под разными брендами, и анализ пригодности испытанных образцов для разных применений. Основное внимание при тестировании нами уделялось возможностям работы ламп в УФО оборудовании для обеззараживания воды. В своей работе мы ориентировались только на логотип, указанный на лампе, и не утверждаем, что та или иная лампа была выпущена именно этим производителем. Мы также хотим отметить, что как тестирование, так и данная статья не направлены на представление продукции той или иной компании в негативном или позитивном свете.

В светотехнических лабораториях *Lighttech* (Будапешт) и *LIT UV Elektro* (Эрфурт, ФРГ) были протестированы образцы ламп с маркировками «*Jelosil*», «*JUV*», «Элтос», «*LightBest*», «*UV Product*» («УФпродукция») и «*SeaN*» («*SeaN*»). Для тестирования использовалось небольшое количество образцов ламп каждого логотипа. Авторы понимают, что выборка из одного или двух образцов ламп может давать достаточно высокую погрешность, однако считают, что все лампы для таких жизненно важных систем, как установки для обеззараживания воды, должны быть высокого качества.

2. Особенности применения УФ ламп в установках для обеззараживания

В УФО оборудовании лампа не существует сама по себе, а является неотъемлемой и интегрированной частью системы обеззараживания УФИ. Разработчики УФО оборудования учитывают, в каких температурных режимах будут находиться те или иные элементы лампы, какие режимы работы будут у амальгамы, какие ток и время предварительного прогрева нужны для данного типа электродов, какой величины должен быть импульс зажигающего напряжения, каким по прочности и расположению должен быть цоколь лампы и пр. Для обеспечения всех необходимых режимов работы лампы и возможности предоставления заказчику гарантий по сроку службы, спаду потока УФИ, «нелимитированному» числу включений/выключений и пр. разработчик УФО оборудования разрабатывает спецификацию (*data sheet*) на лампу и производит её или взаимодействует с проверенным производителем таких ламп.

Можно привести массу примеров, когда при одних и тех же заявленных характеристиках установка с лампами одного производителя обеспечивает необходимые УФ дозу

и, соответственно, микробиологические характеристики воды, а с лампами другого производителя нет. Это связано с тем, что производители ламп приводят их характеристики для неких определённых условий. Указываются, как правило, максимальные характеристики (например, поток УФИ или энергетический КПД), полученные при измерениях на стенде в лабораторных условиях при температуре воздуха 20–25 °С. Эти максимальные характеристики и вносят в ТУ или спецификацию. Однако, если лампа будет использоваться для обеззараживания воды, то она должна эффективно работать именно в конкретном УФО оборудовании, при этом приобретателю лампы совершенно не важно, какой уровень УФИ выдавала лампа при её тестировании на воздушном стенде в лаборатории. Для разработчика и потребителя необходимо, чтобы тот максимальный или весьма близкий к нему поток УФИ, указанный в ТУ, был получен в большинстве режимов эксплуатации лампы в установке. Можно привести массу свидетельств того, что при неправильно подобранной амальгаме поток УФИ может уменьшаться в несколько раз. Это происходит, например, при переохладении или перегреве лампы. При уменьшении потока бактерицидного УФИ на λ 254 нм уменьшается и УФ доза в установке, что приводит к падению эффективности обеззараживания. Изменение температурных режимов работы лампы при обеззараживании воды связано с тем, что лампа в УФО установке находится в кварцевом чехле, нужном для обеспечения определённого температурного режима работы амальгамы и предотвращения контакта электрических цепей лампы с водой. Зазор между лампой и чехлом или, в случае так называемой технологии «пеллет», точка расположения амальгамы полностью определяют режим работы всей лампы [5]. Следовательно, лампы с другими геометрическими характеристиками или другой электрической мощности будут работать в другом температурном режиме, от которого зависит поток УФИ. Ещё одним параметром, влияющим на работу ламп, является температура воды, которая может меняться в пределах 1–40 °С. В этом случае в лампе должна быть использована специальная амальгама, поддерживающая постоянным давление паров ртути при изменении температуры стенки лампы примерно на 30–40 °С. Эту техническую характеристику производители указывать не должны, и потому при замене специально подобранных или специально изготовленных ламп на другие с таким же потоком УФИ в паспортных данных, но с узкой рабочей полосой изменения температуры стенки, возможен спад потока УФИ лампы в установке.

Другим «классическим» случаем неправильного выбора ламп является незнание или просто игнорирование параметров ЭПРА, с которым лампа будет работать. Например, источники электропитания для мощных амальгамных УФ ламп сильно отличаются от таковых для небольших бактерицидных ртутных ламп мощностью 5–50 Вт. Чтобы осуществить надёжный пуск лампы мощностью 300–1000 Вт и обеспечить достаточное число включений, необходимо использовать специальные ЭПРА, выполненные иногда по сложным двухинверторным схемам. Производители мощных амальгамных УФ ламп хорошо знают, что при использовании «неправильного» ЭПРА достаточно 20–30 включений для полного выхода лампы из строя из-за быстрого износа эмиссионного покрытия электродного узла. При этом возможно повреждение и самого ЭПРА, если

его аварийная защита не сработает вовремя. Ответственные производители ламп, понимая эту проблему, указывают тип и производителя ЭПРА, который они рекомендуют использовать для конкретных ламп. Другие производители амальгамных ламп не указывают такой важный параметр, как число включений/выключений лампы, так как не могут точно знать, с каким типом ЭПРА их продукция будет использоваться и в каких условиях эксплуатации.

В проточных системах обеззараживания воздуха лампа, как правило, работает без кварцевого защитного чехла, и потому рабочая температура её колбы будет ниже, чем при лабораторных испытаниях в неподвижном воздухе, особенно в потоках холодного воздуха в системах кондиционирования. Некоторые производители указывают, что лампа может эффективно работать в воздушном потоке, однако при замене на лампы другого изготовителя поток УФИ может оказываться существенно ниже паспортного.

Ещё раз хотелось бы подчеркнуть: УФ лампа – это часть УФО системы, как и ЭПРА и остальные её части. Вышеуказанные лидеры рынков УФО оборудования и УФ ламп уделяют большое внимание совместному взаимодействию при разработке своей продукции. Так, для совместного позиционирования продукции на рынках Западной Европы компании *LIT UV Elektro GmbH* (ФРГ) и *Lighttech Kft* (Венгрия) разработали линейку водного УФО оборудования и соответствующую линейку УФ ламп к нему. Разумеется, выбор и замена лампы или ЭПРА заказчиком в УФО установках в условиях конкурентного рынка является обычной и нормальной практикой. Однако мы считаем, что такой подбор и замена комплектующих должны осуществляться с учётом особенностей того или иного оборудования и на основании рекомендаций специалистов.

3. Методика измерения потока УФ излучения трубчатых ламп НД и установка для их тестирования

Кварцевые ртутные лампы НД, ртутные лампы НД из увиолевого стекла (так называемые лампы «soft glass») и амальгамные лампы НД с бактерицидным УФИ можно считать источниками монохроматического излучения на λ 254 нм. Генерация УФИ в линии 254 нм в ртутной плазме НД теоретически и экспериментально достаточно изучена [1, 3, 59]. Для поверхностного ламбертовского источника, каким являются ртутная или амальгамная трубчатые лампы НД (в отношении указанного УФИ), при определённых допущениях наиболее простой и корректной для определения потока УФИ является схема измерений по методике Кайтца [10, 11] (рис. 1).

В соответствии с ней, лампа устанавливается в помещении, не имеющем поверхностей, отражающих УФИ («тёмная комната»). Фотоприёмник находится напротив центра лампы (рис. 1). Для получения потока УФИ (Φ_e) лампы с длиной излучающей части L необходимо измерить величину облучённости (E_e) на входном окне фотоприёмника, расположенном на расстоянии D от оси лампы:

$$\Phi_e = (2\pi^2 \cdot D \cdot L \cdot E_e) / (2\alpha + \sin 2\alpha),$$

где α – половинный угловой размер излучающей части лампы относительно центра входного окна датчика фотоприёмника (рис. 1).

Для проведения исследований были использованы две «тёмные комнаты» с размерами $7 \times 3 \times 3$ м и $6 \times 3,5 \times 3$ м ($D \times Ш \times В$). Измерения E_e производились с помощью датчика *SED240* радиометра *IL1700* (*International Light Technologies*) со специальной косинусной насадкой. Следует отметить, что прибор *IL1700* с *SED240* или его аналоги (*GigaHerz optik*, *Dr. Groebel* и др.) являются общепризнанными при измерениях облучённости от ламп НД. При этом погрешность самого *SED240* составляет не больше 6,5 %.

Для ламп использовался универсальный ЭПРА типа *EVG2001000W/3,510APHplus R3* (на мощность и максимальный ток лампы 1 кВт и 10 А), который позволяет устанавливать нужные ток и длительность предварительного прогрева и ток лампы. Для контроля параметров использовались цифровые анализаторы мощности *YOKOGAWA PZ400* и *ZES LMG640*. После включения лампы фиксируются максимум E_e (если таковой имеется), а также так называемый установившийся режим «полка». Затем по полученным данным рассчитывается Φ_e .

Для отдельных образцов ламп проводились ресурсные испытания (*life time test*) в условиях работы в установках обеззараживания воды. Для этого лампы устанавливались в кварцевом чехле в тестовый стенд *УДВ300/900TESTMST* (производства «ЛИТ») с оборотной водой, температура которой искусственно поддерживалась термостатом типа *FT31180*. Электрические параметры, поток УФИ и внешний вид ламп проверялись в начале испытаний, затем через 100 ч непрерывной работы и далее через некоторые временные интервалы (обычно через 1000 ч). По полученным данным можно было определять спад потока УФИ и изменение внешнего вида ламп.

4. Результаты тестирования ламп

4.1. Лампы типа ДБ 300 с маркировкой «Jelosil» и «JUV»

Были протестированы два образца лампы типа ДБ 300: с маркировкой «Jelosil» (*JL19235*) и с маркировкой «JUV» (ДБ 300) (рис. 2). На момент измерений последняя была новой, а лампа *JL19235* имела наработку около 3000 ч. Поскольку электроды этих ламп существенно «утоплены» в цоколь, то дополнительно были измерены температуры в средней точке по длине цоколей (с помощью термометра *ATT2000* с термопарой *K*-типа) после 15 мин непре-



Рис. 1. Схема измерения по методике Кайтца

Параметры ламп с маркировкой «Jelosil» и «JUV»

Образец	U^{**} , В	I , А	P^{**} , Вт	Φ_e^{**} , Вт	t цоколя, °С	Φ_v , Вт, после 12000 ч
«JUV»	153,1	1,81	272	110,0	138	
«Jelosil»	121,6	1,81	218	57,5	73	
По ТУ*	***	$1,85 \pm 0,05$	235 ± 10	87 ± 3	70	не менее 74

*Считаем корректным сравнение представленных образцов с оригинальными лампами «ЛИТ», так как лампы под брендами «Jelosil» и «JUV» эксплуатировались в оборудовании НПО «ЛИТ». Оригинальные лампы «ЛИТ» выпускаются по ТУ 3467003581832292002. Технические и эксплуатационные характеристики ламп сторонних производителей также должны соответствовать нормам этих ТУ для корректной работы в установках обеззараживания производства НПО «ЛИТ».

**Измерялись максимальные значения.

***Не нормируется.

равной работы ламп. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Несмотря на то, что поступившие образцы продукции в целом были работоспособны (как отдельный источник УФИ), по результатам визуального осмотра и измерения их характеристик имеется ряд следующих замечаний.

- Лампа ДБ 300 с маркировкой «JUV»:

Потребляемая лампой «JUV» мощность значительно превышает допустимую, что может приводить к отключению ЭПРА (срабатыванию аварийной защиты по превышению предельного напряжения на лампе) и даже к выходу ЭПРА из строя.

В ТУ на установки обеззараживания воды производства «ЛИТ» (ТУ 4859021302158382014) указано, что температура цоколя ламп не должна превышать 70 °С. У данного образца она оказалась недопустимо большой (140 °С), в результате чего с большой долей вероятности будет происходить оплавление и разрушение элементов, уплотняющих и фиксирующих лампу в кварцевом чехле, что приведёт к загрязнению лампы и чехла и к выходу установки обеззараживания из строя.

Таким образом, эксплуатация таких ламп в установках обеззараживания воды «ЛИТ» недопустима и просто опасна, поскольку это может привести к перегреванию и выходу ЭПРА из строя, разрушению уплотняющих элементов, и даже к воспламенению оборудования. Ресурсные испытания этого образца не проводились из-за вышеуказанных соображений безопасности.

- Лампа с маркировкой «Jelosil» (JL19235):

Для эффективной работы в установке по обеззараживанию воды лампа типа ДБ 300 НПО «ЛИТ», должна иметь поток УФИ на λ 254 нм не менее 74 Вт на конец срока службы, но уже после 3000 ч непрерывной работы он у лампы JL19235 составил 58 Вт, что недопустимо мало. (Использование ламп с низким потоком УФИ даёт недостаточную степень обеззараживания воды.)

Кроме того, вызывает большие сомнения способ соединения провода в контактах цоколя лампы (рис. 3) с помощью обжимки пробником или кримпером. Такой способ соединения достаточно хорошо используется в ртутных лампах с током 0,4–0,8 А, но не применим для мощных амальгамных ламп, так как при таком типе соединения сложно обеспечить достаточную надёжность соединения и его механическую прочность, что может приводить

к отсутствию электрического контакта в штырьках лампы (погасанию лампы) и слому их в присоединительных розетках установки обеззараживания. К минусам также можно отнести и неаккуратное нанесение цоколевочной мастики (рис. 3).

В результате тестирования лампы в установке обеззараживания воды УДВ300900TESTMST с кварцевым чехлом (с внутренним диаметром 25 мм) было обнаружено, что на внутренней стороне колбы лампы образовались подтёки расплавленной амальгамы, что недопустимо. Расплавленная амальгама, в особенности при вертикальной ориентации лампы, может попадать в горячую приэлек-



Рис. 2. Маркировки образцов ламп «Jelosil» и «JUV»

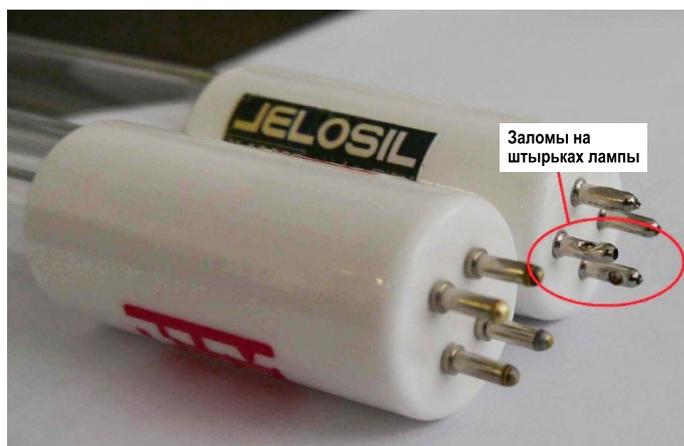


Рис. 3. Кримпировка образца лампы с маркировкой «Jelosil» (JL19235)

Параметры образцов лампы ДБ350В с маркировкой «ЭЛТОС»

Образец	I, А	«Полка»			«Максимум»		
		U, В	P, Вт	Φ _e , Вт	U, В	P, Вт	Φ _e , Вт
1	3,2	100,7	322,4	129,6	109,2	349,4	132,7
2	3,2	101,9	326,0	134,5	111,5	357,3	134,1
ТУ	3,2 ± 0,1	*	*	*	*	325 ± 10	125 ± 5

* Не нормируется.

тродную зону, что вызывает выход большого количества паров ртути в разряд с последующим критическим снижением потока УФИ на λ 254 нм. Ресурсные испытания этого образца не проводились, так как его данный поток уже был ниже предельного по ТУ 3467003581832292002.

Вывод по п. 4.1. Представленные образцы ламп, вероятно, произведены в одной из стран Азии. Образец с маркировкой «JUV» в целом изготовлен аккуратней образца с маркировкой «Jelosil», однако эти лампы (обоих типов) не могут применяться в установках «ЛИТ» и им подобных из-за несоответствия их параметров и некачественного исполнения цоколя с контактными штырьками.

4.2. Лампа ДБ350В с маркировкой «ЭЛТОС»

Проверка двух новых образцов лампы ДБ350В с маркировкой «ЭЛТОС» показала что они изготовлены достаточно аккуратно и содержат оригинальную «перетяжку» колбы в районе электрода. Их измеренные характеристики приведены в табл. 2.

Образцы имеют высокий энергетический КПД на λ 254 нм (37,54 %) и близкие к требуемым ТУ 3467003581832292002 характеристикам в режиме «полка», однако максимальное энергопотребление их оказалось примерно на 8 % выше. При ресурсных испытаниях через 500 ч было обнаружено, что изоляция проводов активно разрушается, в результате чего внутренняя поверхность обоих кварцевых чехлов покрылась несмываемой плёнкой. Очевидно, вместо провода с изоляцией PTFE производитель использовал какой-то иной тип. Дальнейшее тестирование было продолжено без кварцевого чехла в воздушном стенде, чтобы определить спад УФИ в стандартных лабораторных условиях. При этом один образец перестал работать после 2000 ч из-за обрыва электрода, а второй – после суммарной наработки в 4000 ч и израсходования эмиссионного слоя на электродах. На рис. 4 показан внешний вид образцов после наработки в 2000 ч. Видно, что изоляция их проводов подверглась деструкции от УФИ, что сделало эксплуатацию этих изделий опасной. Спад потока УФИ обоих образцов лампы после 2000 ч составил около 22 %.

Выводы по п. 4.2. Новые лампы с маркировкой «ЭЛТОС» имеют характеристики, близкие к указанным в ТУ 3467003581832292002, высокий энергетический КПД на λ 254 нм и достаточно хороший внешний вид. Однако спад потока УФИ обоих образцов составил 22 % после наработки в 2000 ч, при том, что максимальный уровень спада УФИ для ламп такого типа не должен превышать 20 %

после 12000 ч. Ресурс на отказ оказался намного ниже требуемого полезного срока службы. Такие лампы нельзя использовать в УФО установках для обеззараживания воды из-за низкого ресурса, недопустимо быстрого спада потока УФИ, опасности загрязнения чехлов расплавленной изоляцией и опасности короткого замыкания проводов после разрушения изоляции.

4.3. Лампа с маркировкой «LightBest»

Авторам статьи поступил запрос на тестирование двух новых образцов ртутной лампы GPH436T5L/4 с маркировкой «LightBest» (рис. 5 и 6). Для сравнения использовалась спецификация оригинальной лампы GPH436T5L/4 фирмы Lighttech. Тестируемые лампы изготовлены довольно неаккуратно, цоколи ламп прикреплены неровно, электроды обжаты «в натяг», однако геометрические размеры соответствуют указанной оригинальной лампе. Измеренные параметры обоих образцов с ЭПРА EF23701



Рис. 4. Вид образца лампы ДБ350В с маркировкой «ЭЛТОС» после наработки в 2000 ч



Рис. 5. Внешний вид маркировки «Lightbest» образца лампы GPH436T5L/4

Параметры образцов лампы *GPH436T5L/4* с маркировкой «*Lightbest*»

Образец	I, А	«Максимум»		
		U, В	P, Вт	Φ _e , Вт
1	0,43	47,0	20,2	8,8
2	0,43	46,8	19,9	8,8
По спецификации <i>Lighttech</i>	0,425	*	21	7,3

* Не нормируется.

FL Golden Way, который обеспечивает ток лампы 0,40–0,45 А и мощность до 70 Вт, приведены в табл. 3. Тестируемые образцы лампы имеют поток УФИ на λ 254 нм, несколько больший номинального для аналогичной лампы производства *Lighttech*. Графики спада указанного потока УФИ образцов при ресурсных испытаниях в установке типа УДВ121NBSC для обеззараживания воды представлены на рис. 7.

Выводы по п. 4.3. Начальный поток УФИ на λ 254 нм новых образцов лампы *GPH436T5L/4* был несколько больше номинального оригинальной лампы производства *Lighttech*, однако временной спад их потока УФИ оказался слишком велик. Нормальный для оригинальной лампы такого типа спад – 15–20 % после стандартного срока службы в 8000 ч. А, как видно из рис. 7, он у тестируемых ламп в установке для обеззараживания воды достигает 15 % уже после 1000 ч, 25–30 % после 2000 ч и 30–35 % после 3000 ч работы. Ресурсные испытания этих ламп были прекращены до достижения 8000 ч работы. Такой темп спада означает, что установка с тестируемыми лампами фактически через 1000 ч эксплуатации уже не будет обеспечивать необходимый уровень обеззараживания.

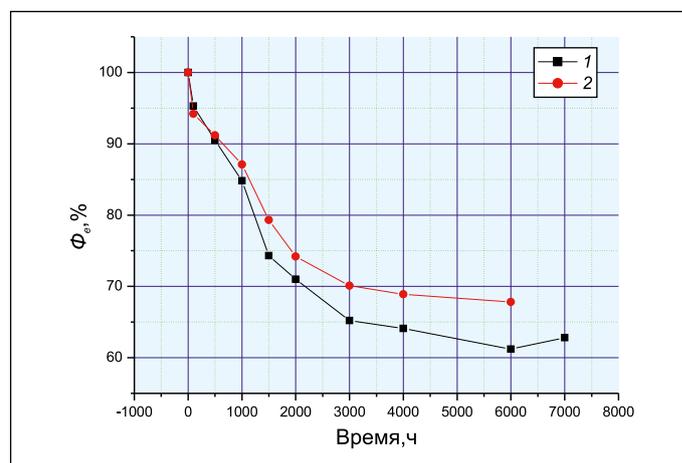
3.4. Лампы ДБ300 и ДБ800В с маркировкой «*UV Product*» («УФПродукция»)

Внешний вид двух тестируемых ламп ДБ300 и ДБ800В хороший, геометрические размеры соответствуют ТУ 3467003581832292002, электроды имеют достаточный привес (оценивался визуально), амальгама прикреплена аккуратно, имеется лазерная маркировка на кварцевом стекле (рис. 8). Результаты измерений обеих ламп приведены в табл. 4, а результаты ресурсных испытаний – на рис. 9.

Поток УФИ и электрические параметры обеих ламп не соответствуют ТУ 3467003581832292002. Обе лампы с маркировкой «*UV Product*» имеют более высокий поток УФИ, чем по ТУ, но, к сожалению, и более высокую мощность. Следует отметить, что при замене ламп в имеющемся оборудовании повышение УФ дозы не обязательно: УФО установки и так рассчитываются с технологическим запасом по бактерицидной дозе УФИ, а вот повышенная мощность ламп может приводить к их дополнительному по сравнению с расчётным нагреву в установке, а повышенный расход электроэнергии означает дополнительные финансовые расходы. Так, протестированная амальгамная лампа ДБ800В с маркировкой «*UV Product*» потребляет примерно на 130 Вт больше оригинальной лампы. При цене электроэнергии 4 руб. за кВт·ч дополнительные финансовые расходы за год непрерыв-



Рис. 6. Внешний вид электрода и цоколя

Рис. 7. Кривые временного спада потока УФ излучения обоих образцов лампы *GPH436T5L/4* с маркировкой «*Lightbest*»Рис. 8. Образцы ламп *DB800V* и *DB300* с маркировкой «*UV Product*»

Параметры образцов ламп ДБ300 и ДБ800В с маркировкой «UV Product»

Тип	I, А	«Полка»			«Максимум»		
		U, В	P, Вт	Φ _e , Вт	U, В	P, Вт	Φ _e , Вт
ДБ300	1,80	143,9	259,6	98,6	151,8	272,3	102,9
ТУ	1,85 ± 0,05	*	*	*	*	235±10	87±3
ДБ800В	4,91	170,1	835,2	242,4	172,5	847,3	251,1
ТУ	5,0 ± 0,1	*	*	*	*	710 ± 15	240 ± 10

* Не нормируется.

ной работы 100 таких ламп (в установках типа УДВ 100) составят 455 тыс. руб.

ЭПРА в установках обеззараживания с такими лампами рассчитаны на мощность нагрузки не более 800 Вт. Её превышение может приводить к перегреву и, соответственно, снижению ресурса ЭПРА, а то и к срабатыванию защиты и отключению этого устройства.

Выводы по п. 4.4. Лампы с маркировкой «UV Product» («УФПродукция») выполнены достаточно аккуратно, имеют поток УФИ, больший, чем оригинальных ламп фирмы «ЛИТ» (по ТУ 3467003581832292002), однако их использование в установках фирмы «ЛИТ» приведёт к превышению энергопотребления на 15–18 % от установленных значений. При этом ресурсные испытания показывают, что спад УФИ таких источников достигает 25–35 % после 8000 часов, что значительно выше рекомендованных 15–20 %, поэтому, несмотря на более высокий поток

УФИ в начале срока службы, в конце срока службы поток УФИ может быть значительно ниже указанного в ТУ 3467003581832292002. Более высокая электрическая мощность будет приводить к перегреву ЭПРА, а также к его возможному отключению.

4.5. Лампа с маркировкой «SeaN» (НТЦ «SeaN»)

Были протестированы два образца лампы ДБ350 с маркировкой «SeaN» (НТЦ «SeaN») (рис. 10), которые поступили от заказчика, эксплуатирующего оборудование компании «ЛИТ» для обеззараживания питьевой воды. Образцы выполнены достаточно аккуратно и их геометрические характеристики соответствуют ТУ 3467003581832292002, но соединение штырьков с ламповым проводом путём штамповки, как и в случае образцов лампы с маркировкой «Jelosil», недопустимо для амальгамных ламп такой мощности из-за низкой надёжности. Измеренные характеристики этих образцов приведены в табл. 5.

Выяснилось, что при температуре воздуха 25 °С образцы «SeaN» «недогреваются», и потому их характеристики оказались ниже максимально возможных, свидетельствуя о неправильном подборе амальгамы производителем. Для проверки возможности работы этого типа ламп в установках для обеззараживания воды данные образцы поместили в установку «ЛИТ» УДВ300900TESTMST,

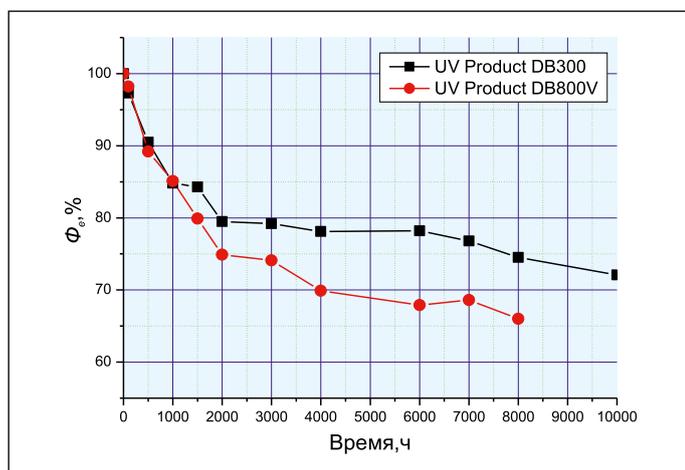


Рис. 9. Зависимость потока УФ излучения образцов ламп ДБ800В и ДБ300 с маркировкой «UV Product» от времени работы



Рис. 10. Образец лампы ДБ350 с маркировкой «SeaN»

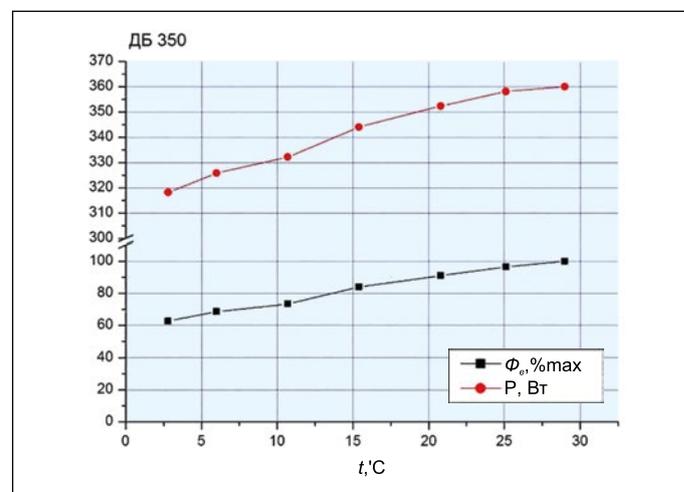


Рис. 11. Зависимость потока УФ излучения образца лампы ДБ 350 от температуры воды

Параметры образцов лампы ДБ350 с маркировкой «SeaN»

Образец	I, А	«Полка»			«Максимум»		
		U, В	P, Вт	Φ _e , Вт	U, В	P, Вт	Φ _e , Вт
1	3,13	97,7	304,1	118,6	97,7	304,1	118,6
2		98,6	307,0	120,5	98,6	307,0	120,5
По ТУ	3,2 ± 0,1	*	*	*	*	325 ± 10	125 ± 5

* Не нормируется.

и были измерены значения потока УФФИ при изменении температуры воды в широком диапазоне (рис. 11). Как видно из рис. 11, максимальный (оптимальный) поток УФФИ достигается только при повышении температуры воды примерно до 30 °С. Следовательно, лампа «SeaN» может эффективно эксплуатироваться в установках «ЛИТ» при достаточно высокой температуре воды – не менее 30 °С. Возможно, протестированные образцы лампы предназначены для работы в другом УФО оборудовании (с другим, например, диаметром кварцевого чехла), а также отметим, что в этих условиях электрическая мощность лампы *P* заметно вырастает и становится выше, чем по ТУ 3467003581832292002. При использовании таких ламп для обеззараживания питьевой воды с характерными температурами 1–10 °С значение потока УФФИ ламп значительно снижается – на 40 % от максимального. Ресурсные испытания этих образцов ламп в установке обеззараживания воды не проводились, так как интерпретация результатов таких испытаний была бы затруднена сложностью корректного сравнения полученных результатов.

Выводы по п. 4.5. Лампа с маркировкой «SeaN», вероятно, разработана для некоторого другого производителя УФО оборудования и, видимо, поступила из одной из стран Азии. Она не может эффективно работать при температурах воды ниже 10–15 °С, значительно снижающих её поток УФФИ.

Заключение

Качество протестированных образцов бактерицидных УФ ламп НД, поступающих на российский рынок с маркировками «Jelosil», «JUV», «ЭЛТОС», «LightBest», «UV Product» («УФПродукция») и «SeaN» (НТЦ «SeaN»), является низким. Некоторые производители для соединения лампового провода к штырькам цоколей ламп используют штамповку или обжим. Такой способ соединения используется в ртутных бактерицидных лампах и ЛЛ с током разряда 0,4–0,8 А, но не подходит для мощных амальгамных ламп из-за низкой надёжности. Вместо провода с изоляцией PTFE в образцах лампы ДБ350В с маркировкой «ЭЛТОС» были использованы другие провода, в результате чего изоляция разрушилась. Такие образцы эксплуатировать просто опасно: могут выходить из строя ЭПРА, чехлы и даже происходить возгорание оборудования. У всех новых тестируемых образцов ламп поток УФФИ на λ 254 нм соответствовал его заявленным номинальным значениям, но его спад оказался слишком велик и мог достигать 25–30 % после 2000 ч работы, что значительно больше рекомендуемых 15–20 % после 8000 ч. Такой спад оз-

начает, что установка фактически через 2000 ч не будет обеспечивать необходимый уровень обеззараживания. Потребляемая мощность всех тестируемых образцов ламп была выше, чем по ТУ на оригинальные лампы-аналоги, что свидетельствует об их более низком энергетическом КПД на λ 254 нм. Слишком высокая мощность лампы приводит к перегреву и, соответственно, снижению ресурса ЭПРА. Чрезмерное энергопотребление влечёт дополнительные финансовые расходы, перекрывающие экономии от покупки более дешёвых ламп неизвестного производителя. Представленные образцы были разработаны и изготовлены по ТЗ конкретных производителей или являются репликами УФ ламп известных брендов, изготовленными по собственной технологии. При этом качество их защитного слоя (видимо, очень низкое), ускоряет временной спад УФФИ, и никак не учитывались особенности УФО оборудования для обеззараживания воды, с которым эти лампы могут использоваться. Это может приводить к многочисленным проблемам при эксплуатации УФО оборудования и негативно влиять на репутацию метода обеззараживания УФФИ. В условиях конкурентного рынка потребители имеют право сами производить выбор и замену ламп или ЭПРА в УФО установках, но эти действия должны осуществляться только с учётом особенностей работы того или иного оборудования и на основании рекомендаций специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кармазинов Ф.В., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Храменков С.В. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012.– 392 с.
2. Васильев А.И., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Собур Н.Н., Соколов Д.В. Технологии УФ обеззараживания для обработки воды, воздуха и поверхности // Светотехника.– 2017.– № 5. – С. 6–11.
3. Ртутные лампы высокого давления / Под ред. и с предисл. И.М. Весельницкого и Г.Н. Рохлина. – Перераб. и доп. изд. – М: Энергия, 1971.– 328 с.
4. Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment / Ed.S. Parson. – IWA Publishing, 2004, ISBN: 1843390175.
5. Pirovich A.L. Germicidal low pressure mercury vapor discharge lamp with amalgam location permitting high output / Patent US2004/0195954, 07.10.2004
6. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – С. 60–80.
7. Левченко В.А., Васильев А.И., Васильяк Л.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н. Увеличение физического срока службы мощных газоразрядных ламп низкого давления // Прикладная физика.– 2015.– № 5. – С. 90–94.

8. Левченко В.А., Василяк Л.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Свитнев С.А., Шаранов Е.П. ВУФ излучение ртутного разряда при давлении буферного газа менее 1 Торр // Успехи прикладной физики.– 2016.– № 3. – С. 256–264.

9. Свитнев С.А., Попов О.А. Расчёт функции распределения электронов по энергиям в стационарном разряде низкого давления // Вестник МЭИ. 2012. 3. С. 100–105.

10. Keitz. H.A.E. Light Calculation and Measurements. – London: Macmillan and Co Ltd, 1971.

11. Василяк Л.М., Дроздов Л.А., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Собур Д.А., Соколов Д.В., Шунков Ю.Е. Методика измерения потока УФ излучения трубчатых бактерицидных ламп НД // Светотехника.– 2011.– № 1. – С. 29–32.



Аллаш Михаил Евгеньевич, сотрудник компании Lighttech Kft



Василяк Леонид Михайлович, доктор физ.-мат. наук, профессор. Главный научный сотрудник Объединённого института высоких температур РАН



Елисеев Николай Петрович, кандидат техн. наук. Доцент кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»



Попов Олег Алексеевич, доктор техн. наук. Профессор кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»



Соколов Дмитрий Владимирович, кандидат техн. наук. Начальник службы светотехники НПО «ЛИТ»

«Умное освещение умному городу»

В рамках ежегодной выставки «Электро-2019» в ЦВК Экспоцентр на Красной Пресне прошла конференция «Умное освещение умному городу», в рамках которой были обсуждены перспективы «умного» городского освещения в российских городах и реализуемые муниципальные проекты городского освещения и архитектурной подсветки с использованием современных решений в области контроля и управления.

С докладом «Рейтинги субъектов Российской Федерации по энергоэффективности уличного освещения» выступил от ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг» Сергей Боровков, который отметил, что качественное городское освещение существенно влияет на уменьшение числа ДТП, снижает уличную преступность, создают комфортную городскую среду, привлекает в города туристов, способствует росту экономики города.

Согласно данным Росстата доля неосвещённых улиц в городах в среднем составляет 31 %. При этом в 25 регионах России доля неосвещённых улиц превышает 40 %

Он отметил, что российский рынок светотехники стал высококонкурентным, что ведёт к «ценовым войнам» и, как следствие, снижению качества продукции.

По результатам независимых испытаний в 2016–2018 гг., более 60 % продукции не соответствуют обязательным требованиям Таможенного Союза. А 20 % продукции не соответствуют электрическим и фототехническим характеристикам, заявленным производителем.

В таких условиях заказчики и потребители светотехнической продукции для повышения уверенности в качестве продукции должны запрашивать у поставщика добровольные сертификаты соответствия и проверять действительность обязательных сертификатов соответствия. В особых случаях следует организовывать независимую проверку качества поставляемых по контракту изделий.

Затем на конференции выступили представители компаний-разработчиков и производителей светотехнического оборудования и систем автоматического управления освещением.

Наталья Неверская, глава по корпоративным коммуникациям Signify в России и СНГ, рассказала о международных проектах компании, ранее носившей название Philips Lighting. Signify осветила набережную Вайтань в Шанхае, самой известной туристической зоны в этом мегаполисе. Архитектурный комплекс включает более 40 исторических зданий вдоль реки Хуанпу. Использованная система освещения Interact Landmark, позволяет управлять подсветкой всех зданий как единым объектом. Проект включает в себя 50 000 светодиодных светоточек, объединённых интеллектуальной системой управления.

Новый проект компании – создание световой среды для центра Казани. Единым решением предлагается объединить освещение улиц, зданий и объектов в центре столицы Татарстана. Освещение объектов сможет меняться в зависимости от времени года, погоды и дня недели.

На конференции также выступили с сообщениями представители компаний «МГК Световые технологии», SDBSVET, ЮФО АЛБ и др.