

# Обеззараживание воздушной среды УФ бактерицидным излучением

А.Л. ВАССЕРМАН

E-mail: alexlvovzo@outlook.com

## От редакции

Ниже мы публикуем заказанную редакцией статью кандидата технических наук, заслуженного машиностроителя РФ, инвалида Великой Отечественной войны, старейшины российского светотехнического сообщества А.Л. Вассермана.

## Аннотация

В нашей стране с 2005 г. использование УФ бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений регламентируется руководством Р 3.5.1904–64 (на рекомендательном уровне). Это излучение опасно для человека – поражаются кожа и, особенно, глаза. Во избежание облучения людей при обеззараживании воздуха в помещении необходимо использовать закрытые облучатели (рециркуляторы) с бактерицидными лампами, а не открытые, излучение которых охватывает весь объём помещения, что требует удаления из него людей и соблюдения всех соответствующих мер безопасности.

К сожалению, на практике могут возникать – случайно или по незнанию правил эксплуатации открытых облучателей персоналом – нарушения правил безопасности, ведущие к тяжёлым последствиям. Для исключения таких нарушений необходимо повышать уровень знаний обслуживающего персонала, но специальной учебно-технической литературы нет. В настоящей статье делается попытка восполнить этот пробел.

**Ключевые слова:** УФ бактерицидное излучение, спектр действия, бактерицидная эффективность, производительность бактерицидного облучателя, поверхностный или объёмный излучатель, объёмная доза.

## Предисловие

Первые исследования по использованию УФ излучения (УФИ) для уничтожения болезнетворных микроорганизмов имеют столетнюю давность. Изучением основ этого явления занимается фотобиология.

В решении задач по применению этой технологии в наши дни можно отметить три важных этапа:

- Разработка, освоение производства и выпуска УФ трубчатых ртутных ламп НД (РЛНД) мощностью 15 и 30 Вт с колбой из увиолевого стекла, блокирующего озонобразующее излучение. Этой работой руководил главный инженер Московского электролампового завода Р.А. Нилендер, выдающийся организатор ламповой промышленности СССР. Первые облучатели с этими лампами были открытыми, и ими можно было пользоваться только в отсутствие людей в помещении.

- Предложение врачом Я.Э. Нейштадтом облучателя закрытой конструкции, который мог применяться в присутствии людей – так называемого рециркулятора [1].

- Разработка, освоение производства и выпуск УФ трубчатых безозонных РЛНД нового типа мощностью до 1000 Вт и выше, с колбой из кварцевого стекла и с применением не жидкой ртути, а твёрдого раствора ртути в другом металле – амальгамы. Этой работой руководил генеральный директор НПО «ЛИТ» С.В. Костюченко [2, 3].

В настоящее время в России сформировалось научно-техническое направление по УФ технологии обеззараживания воздушной среды. При этом: организовано промышленное производство; появился широкий ассортимент бактерицидных ламп и облучателей; в 2012 г. издан фундаментальный труд высокого научного уровня [4], под редакцией Ф.В. Кармазинова, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцева, С.В. Храменкова.

Необходимо отметить большой вклад отечественных учёных в теорию и практику применения УФИ для

обеззараживания воздушной среды. К таковым в первую очередь следует отнести Г.М. Франка, Н.Ф. Галанина, Н.М. Данцига, Я.Э. Нейштадта, В.И. Вашкова, А.Л. Кошкина, Д.Н. Лазарева, В.Ф. Соколова, М.В. Соколова, М.Г. Шандалу, Т.И. Носкову, Г.С. Сарычева, Д.А. Шкловера, Р.А. Нилендера и др.

Отсутствие соответствующей технической литературы сдерживает практическое применение УФ обеззараживания воздушной среды помещений. При написании статьи автор использовал ранее опубликованные им материалы, часть из которых была написана в соавторстве с М.Г. Шандалой и В.Г. Юзбашевым [5, 6].

Автор надеется, что настоящая статья, рассчитанная на специалистов, улучшит взаимопонимание при решении практических задач работников и изготовителей бактерицидных ламп и облучателей, проектировщиков бактерицидных установок, санитарных врачей, осуществляющих эпидемиологический надзор и студентов-медиков.

## Введение

Эпидемиологическое благополучие воздушной среды, как важнейшая составляющая защиты здоровья населения страны, является социально-экономической задачей нашего государства. Состояние и экологические условия среды обитания человека имеют существенное значение для его нормальной жизнедеятельности, особенно в закрытых помещениях ограниченного объёма, воздушная среда которых содержит болезнетворные микроорганизмы. Один из путей распространения инфекционных заболеваний – аэрогенный (или воздушно-капельный) относящийся к основному способу передачи распространения заболеваний, таких как грипп, туберкулёз, дифтерия и др. Это связано с тем, что воздушно-капельная бактериальная аэрозоль постоянно находится во взвешенном состоянии в воздушном объёме из-за движения воздуха, что увеличивает вероятность заражения людей и неупакованных продуктов питания.

## УФ излучение и его бактерицидное действие

Для профилактики заболеваний и оздоровления среды обитания ис-

Функция относительной спектральной бактерицидной эффективности  $S_{\text{БК}}(\lambda)$   
 $[S_{\text{БК}}(\lambda)_{\text{max}}=1 \text{ при } \lambda = 265 \text{ нм}]$

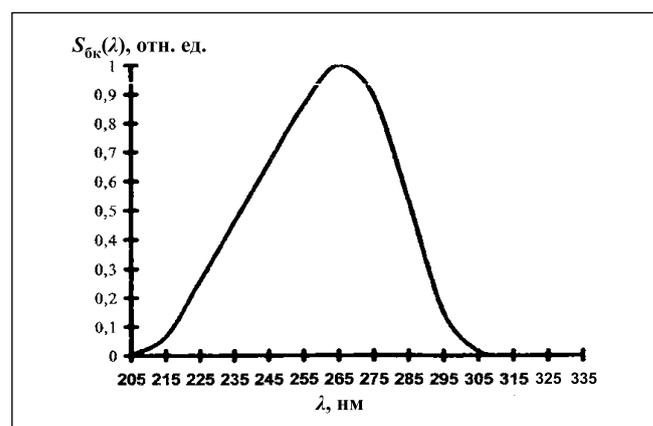
$\lambda$ , нм	$S_{\text{БК}}(\lambda)$	$\lambda$ , нм	$S_{\text{БК}}(\lambda)$
205	0,000	265	1
210	0,009	270	0,98
215	0,066	275	0,900
220	0,160	280	0,760
225	0,260	285	0,540
230	0,360	290	0,330
235	0,460	295	0,150
240	0,560	300	0,030
245	0,660	305	0,006
250	0,765	310	0,001
254	0,850	315	0,000

пользуются различные способы и средства, и в частности, применение УФИ, обладающего бактерицидным действием. Высокая эффективность этого способа обеспечивается его следующими особенностями: 1) широкий диапазон охвата патогенной микрофлоры в воздушной и водной средах, а также на поверхностях; 2) отсутствие необходимости использования дополнительных химических реагентов; 3) отсутствие запаха и образования токсичных вторичных продуктов; 4) относительно небольшое время обработки помещений для достижения требуемого уровня обеззараживания, в пределах 1 ч; 5) малые затраты на установку оборудования в помещениях и простота его эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что использование УФИ как физического фактора воздействия на микроорганизмы может давать обеззараживание среды обитания в очень высокой степени – до 99,9 %. Кроме того, обработка воздуха помещений с помощью УФИ стоит завершающим звеном в перечне санитарно-гигиенических мероприятий, предусмотренных нормативными документами Федеральной службы по надзору в сфере защиты потребителей и благополучия человека.

Бактерицидное действие УФИ на микроорганизмы происходит в спектральном диапазоне 205–315 нм. Степень воздействия на микроорганизмы определяется функцией относительной спектральной бактерицидной эффективности  $S_{\text{БК}}(\lambda)$ . Её максимум приходится на длину волны 265 нм, соответствующую максимальной чувствительности микроорганизмов (их нуклеиновых кислот), как показано на рис. 1 и в табл. 1<sup>1</sup>. Эту функцию также называют относительным бактерицидным спектром действия УФИ, т.е. микроорганизмы являются *селективными приёмниками излучения*, и применять к ним энергетические величины нецелесообразно. Из табл. 1 видно, что  $S_{\text{БК}}(\lambda)$  в линии ртути 254 нм составляет 85 % от  $S_{\text{БК}}(\lambda)$  в линии 265 нм. С учётом указанной селективности микроорганизмов, для

Рис. 1. Кривая относительной спектральной бактерицидной эффективности  $S_{\text{БК}}(\lambda)$



измерения бактерицидного потока используют бактерицидные радиометры, спектральная чувствительность которых скорректирована под  $S_{\text{БК}}(\lambda)$ . Такие бактерицидные радиометры существуют – например, УФ радиометр «ТКА-ПКМ» (мод. 12 и 13), УФ спектрометрический радиометр «ТКА-ВД» и др. Эти радиометры измеряют бактерицидную облучённость ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) от источников УФИ со сплошным или линейчатый спектром излучения. При этом основной бактерицидной величиной является бактерицидный поток  $\Phi_{\text{БК}}$ . С учётом этого создана система бактерицидных величин и единиц измерения, используемая в УФ технологии обеззараживания воздуха (табл. 2). Рассматривая процесс уничтожения бактерий на поверхности при бактерицидной облучённости  $E_s$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) и, соответственно, необходимой для этого дозе облучения  $H_s$  ( $\text{Дж}/\text{м}^2$ ), можно за-

ключить, что расчётные оценки эффективной дозы объёмного облучения воздушного пространства  $H_v$  ( $\text{Дж}/\text{м}^3$ ) не могут производиться по формулам, по которым рассчитываются  $H_s$ .

Установлено, что вид кривых  $S_{\text{БК}}(\lambda)$  для разных видов патогенных микроорганизмов практически одинаков. **Более чувствительны к воздействию УФИ бактерии (в вегетативной форме) и вирусы. Менее чувствительны споры бактерий и простейшие. Наибольшей устойчивостью обладают грибы и плесени.**

Поглощение излучения микроорганизмом – это внутримолекулярный физический дискретный процесс взаимодействия между квантами излучения, молекулами и атомами по закону квантовой эквивалентности Эйнштейна-Штарка. Как следует из этого закона, каждый поглощённый квант способен активировать лишь одну молекулу

<sup>1</sup> Важно отметить, что бактерицидное УФИ опасно для человека, чревато ожогами на теле и поражением глаз. Поэтому в помещениях в присутствии людей допустимо применять только закрытые облучатели с бактерицидными лампами.

Бактерицидные величины и единицы измерения УФ излучения в спектральном диапазоне 205–315 нм

Величина	Обозначение и формула	Определение	Единица измерения
Энергия излучения	$W_{\text{бк}}$	Энергия, переносимая излучением	Дж
Поток излучения (мощность излучения)	$\Phi_{\text{бк}} = W_{\text{бк}}/t$	Отношение энергии излучения ко времени действия $t$	Вт
Спектральная плотность потока излучения	$\Phi_{\text{бк}}(\lambda)$	Отношение потока излучения в бесконечно узком интервале длин волн к этому интервалу	Вт/нм
Сила излучения	$I_{\text{бк}}$	Пространственная плотность потока излучения	Вт/см <sup>2</sup>
Облучённость	$E_{\text{бк}} = \Phi_{\text{бк}}/S$	Отношение потока излучения к площади облучаемой поверхности	Вт/м <sup>2</sup>
Поверхностная доза	$H_s = W_{\text{бк}}/S$	Отношение энергии излучения к площади облучаемой поверхности	Дж/м <sup>2</sup>
Объёмная доза	$H_v = W_{\text{бк}}/V$	Отношение энергии излучения к объёму облучаемой части пространства	Дж/м <sup>3</sup>

Таблица 3

## Зависимость бактерицидных эффективности и объёмной дозы от класса чистоты помещения

Класс чистоты помещения	$J_{\text{бк}}, \%$	$H_v, \text{Дж/м}^3$
Особо чистые (А)	99,9	385
Чистые (Б)	99	257
Условно чистые (В)	95	167
Грязные (Г)	90	129

Таблица 4

## Эффекты, вызываемые воздействием озона

Концентрация озона, мг/м <sup>3</sup>	Время воздействия, ч	Эффект
0,03	8	Повреждение растений
0,2	1	Раздражительность, головная боль
0,3	8	Спазмы дыхательных путей, грудной кашель
2	2	Тошнота, кровотечение из носа, отравление

или атом, т.е. происходит одноударный процесс поглощения. При поглощении кванта излучения в случае совпадения частоты колебаний кванта с частотой колебания электронов в макромолекуле происходит резонансное поглощение с максимальной передачей энергии кванта. Это приводит к повреждению важных структур микроорганизма. В конечном счёте микроорганизмы в воздушном объёме становятся инактивированными и теряют способность к размножению. Максимум действия излучения приходится на  $\lambda = 265$  нм, что соответству-

ет максимальной спектральной чувствительности нуклеиновых кислот микроорганизмов. При этом кванты бактерицидного УФИ недостаточно энергичны для ионизации молекул кислорода, т.е. при поглощении нейтральной молекулой кислорода одного кванта молекула не распадается на отрицательный электрон и положительный ион, и потому озон в воздухе не образуется. В связи с этим бактерицидное УФИ относят к типу неионизирующих излучений.

Далее, в случае бактерицидного облучения воздушной среды при со-

хранении постоянства уровня дозы  $H_v$  и малом времени облучения требуется увеличение объёмной плотности бактерицидного потока излучения (Вт/м<sup>3</sup>) вследствие необходимости увеличения числа квантов, повышающего вероятность удачного столкновения кванта бактерицидного излучения с атомами макромолекул. А снижение объёмной плотности излучения уменьшает вероятность удачного столкновения; для компенсации этого надо увеличивать время облучения, при сохранении  $H_v$ , т.е. соблюдается квантовая эквивалентность. Экспериментально установлено, что процесс гибели микроорганизмов в воздушной среде при их бактерицидном облучении характеризуется экспоненциальной зависимостью между числом выживших микроорганизмов  $N_v$  при их начальном числе  $N_0$  и  $H_v$ :

$$N_v = N_0 \cdot \exp(-\sigma_v H_v), \quad (1)$$

где  $\sigma_v$  – константа, характеризующая значение fotocувствительности данного вида микроорганизма при объёмном облучении. Для контроля бактерицидной эффективности  $J_{\text{бк}}$  в нашей стране принят микроорганизм *Staphylococcus Aureus*, значение  $\sigma_v$  которого равно 0,0179 м<sup>3</sup>/Дж (прил. 1).

$J_{\text{бк}}$  – это показатель уровня снижения микробной обсеменённости воздушной среды в результате воздействия УФИ, выражаемый как отношение числа погибших микроорганизмов  $N_{\text{п}}$  к  $N_0$  (в относительных единицах или

в процентах). Из равенства  $N_{\text{п}} = N_0 - N_{\text{В}}$  и выражения (1) следует, что

$$J_{\text{БК}} = (N_{\text{п}} / N_0) \cdot 100 = \\ = [(1 - \exp(-\sigma_{\text{v}} H_{\text{v}}))] \cdot 100, \%$$

$$H_{\text{v}} = -\ln(1 - J_{\text{БК}} \cdot 10^{-2}) / \sigma_{\text{v}}, \text{ Дж} / \text{м}^3. (2)$$

В табл. 3 приведены рекомендуемые режимы облучения воздушной среды в зависимости от класса чистоты помещения.

Повышение относительной влажности и запылённости в помещении снижают  $J_{\text{БК}}$ . При увеличении относительной влажности с 45–65 до 80–90 %  $J_{\text{БК}}$  снижается на 30–40 %, т.к. на частички пыли оседают капли воды, оказывающие экранирующее действие на излучение. Установлено что чувствительность микроорганизмов к УФИ во влажном воздухе в 20–50 раз меньше, чем в сухом.

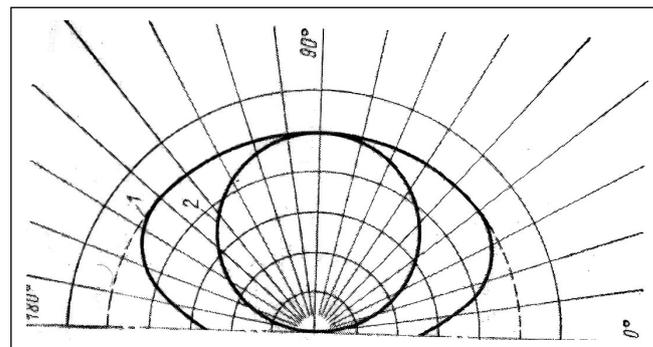
Следует заметить, если УФИ содержит спектральные линии на  $\lambda$  короче 200 нм, то в воздушной среде помещения образуется озон<sup>2</sup>, чрезвычайно ядовитый газ (ядовитей угарного газа). По токсичным свойствам он относится к первому классу опасности. В табл. 4 приведены эффекты, вызываемые наличием озона в воздушной среде помещения.

### Источники бактерицидного УФ излучения

Основными источниками бактерицидного УФИ являются ртутные трубчатые лампы, из которых наиболее эффективны ртутные лампы НД. Это связано с тем, что более 60 % от энергии излучения этих ламп приходится на резонансную линию 254 нм, лежащую в диапазоне максимального бактерицидного действия, что объясняет их высокую бактерицидную отдачу  $\eta_{\text{БК}}$  — определяемую как  $\eta_{\text{БК}} = (\Phi_{\text{БК}} / P_{\text{л}}) \cdot 100, \%$ , где  $P_{\text{л}}$  — мощность лампы — в 30–40 %.

По основным конструктивным особенностям ртутные лампы НД разделяются на две группы — лампы с колбой из увиолевого стекла и с колбой из легированного окисью титана кварцевого стекла. Эти колбы исключают вы-

Рис. 2. Индикатрисы излучения разрядных трубчатых ламп в продольной плоскости. Поверхностный излучатель — люминесцентная лампа, объёмный излучатель — ртутная трубчатая лампа НД



ход ознообразующей линии 185 нм в спектре излучения. По этому признаку они получили название безозонных. В увиолевых лампах ртуть находится в жидком состоянии, а в кварцевых она заменена на амальгаму. При работе лампы амальгама нагревается, и в разряд выделяются пары ртути. По этому признаку такие лампы получили название амальгамных. Давление паров ртути над твёрдой амальгамой на порядки ниже, чем над жидкой ртутью, поэтому при разрушении колб таких ламп в воздух могут попадать пары ртути в количествах существенно ниже ПДК, и не возникает необходимости в демеркуризации помещения. Амальгамные лампы механически прочнее увиолевых. Последние обладают малой единичной мощностью, в пределах 8–75 Вт, а амальгамные — большой, 100–1000 Вт. У большинства увиолевых ламп электрические характеристики при одинаковой мощности идентичны тому же у обычных ЛЛ, поэтому они эксплуатируются с аналогичными схемами включения (в настоящее время в большинстве случаев используются электронные ПРА с коэффициентом мощности ( $\cos \varphi$ ), равным единице). Полезный срок службы при спаде  $\Phi_{\text{БК}}$  на 20 % от начального составляет для амальгамных ламп 12000 ч., а для увиолевых — 8000 ч. Существует ряд основных параметров, характеризующих технические и эксплуатационные особенности разных источников излучения. К таковым относят: относительные или абсолютные спектры излучения; интегральные значения бактерицидных потока или силы излучения в определённом спектральном диапазоне; индикатрисы из-

лучения (кривые распределения силы излучения) в продольной и поперечной плоскостях; мощность, ток и напряжение на лампе; напряжение сети; полезный срок службы; экологическую безопасность — наличие в спектре излучения ознообразующих линий и возможность выделения токсичных веществ в окружающую среду при разрушении колбы лампы.

По виду индикатрисы излучения трубчатые разрядные лампы разделяются на два типа — с покрытием и без покрытия колбы. По этому признаку первые относятся к поверхностным излучателям, а вторые — к объёмным. У поверхностных излучателей индикатриса излучения в продольной плоскости — окружность, а у объёмных — эллипс (рис. 2). (Индикатрисы некоторых других разрядных ламп приведены в прил. 2.)

Причина различия форм индикатрис излучения между двумя указанными типами ламп в том, что у первого типа разряд не прозрачен для собственного излучения, а у второго прозрачен (из-за слабого поглощения излучения в разряде). Плазма почти совершенно прозрачна для видимого и УФ излучения, а уровень её излучения вонне пропорционален объёму, занимаемому плазмой. Это не зависит от типа разряда в парах ртути НД и ВД или в других газах [7, 8].

В связи с этим мною предложен и опубликован [9] метод измерения потока излучения бактерицидных ртутных трубчатых ламп НД — альтернативный, в частности, гониофотометрическому методу [10] (реально малоприспособному для рядовых измерительных лабораторий). Метод базируется на трёх рабочих гипотезах (подтверждённых экспериментально): 1) форма индикатрисы излучения трубчатых ртутных ламп без покрытия колбы в продольной плоскости достаточно точно описывается эллипсом;

<sup>2</sup> Озон является аллотропическим видоизменения кислорода и состоит из трёх его атомов. При низких температурах распад озона происходит медленно, с повышением температуры он ускоряется, при комнатных температурах распад занимает несколько минут, а при 100 °С — менее секунды. Скорость распада озона зависит также от относительной влажности воздуха, при 50 %-ной озон распадается в два раза медленнее, чем при 80 %-ной.

Таблица 5

## Коэффициенты отражения на длине волны 254 нм некоторых материала

Материал отражателя	$\rho$
Алюминий необработанный	0,4–0,6
Алюминий (обработанная поверхность)	0,6–0,9
Дюраль	0,16
Нержавеющая сталь	0,25
Хромированные покрытия	0,39
Чёрная эмаль	0,05

2) фотометрическое тело таких ламп представляет собой эллипсоидальный тор; 3) плазма электрического разряда бактерицидных ламп НД прозрачна для видимого и УФ излучений.

## УФ бактерицидные облучатели

УФ бактерицидный облучатель представляет собой автономное электротехническое устройство, содержащее бактерицидные лампы (увиолетовые или амальгамные), отражатель, ПРА, конденсаторы (по подавлению радиопомех), электронный счётчик, фиксирующий наработку ламп, а также вспомогательные элементы крепления ламп и приспособления для установки прибора. Основная задача бактерицидного облучателя – производство обеззараживания воздушной среды помещения от патогенных микроорганизмов.

**По конструктивному оформлению** облучатели разделяются на следующие типы – закрытые (рециркуляторы) и открытые – напольные, настенные и потолочные, для размещения в помещениях или в модулях систем приточно-вытяжной вентиляции. У открытых облучателей прямой бактерицидный поток ламп, с участием отражателя или без него, «охватывает» широкую зону в пространстве. У закрытых облучателей бактерицидный поток ламп, расположенных в небольшой камере, выхода наружу не имеет, и обеззараживание воздуха осуществляется в процессе его непрерывной прокачки с помощью вентилятора через камеру и выхода в объём помещения. К типу закрытых облучателей можно отнести также модули с бактерицидными лампами, расположенными в системах приточно-вытяжной вентиляции.

**По назначению** – обеззараживание воздушной среды помещения при отсутствии или присутствии людей.

**По эффективности использования** бактерицидного потока ламп, учитываемой суммарным коэффициентом  $Z = K_{\phi} K_o$ , где  $K_{\phi}$  – коэффициент использования бактерицидного потока ламп, учитывающий их взаимное экранирование, значения которого для открытого, потолочного открытого и закрытого облучателей, соответственно, примерно равны 0,8, 0,6 и 0,4;  $K_o$  – коэффициент многократных отражений бактерицидного потока от внутренней поверхности отражателя с коэффициентом отражения  $\rho$  на  $\lambda = 254$  нм, определяемый для открытого, потолочного открытого и закрытого облучателей как  $K_o = 1$ ,  $K_o =$

$1/(1-0,3\rho)$  и  $K_o = 1/(1-0,6\rho)$  соответственно. В табл. 5 приведены значения этого  $\rho$  некоторых материалов.

Основной параметр облучателя – его бактерицидная производительность  $Пр_{\text{БК}}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), характеризующая снижение микробной обсеменённости воздушной среды до заданных уровней  $J_{\text{БК}}$  или  $H_v$  для данного вида микроорганизма.

Уравнения математической модели  $Пр_{\text{БК}}$  таковы:

$$Пр_{\text{БК}} = N_{\text{л}} \Phi_{\text{БК}} K_{\phi} K_o \sigma_v \times \\ \times 3600 / [-\ln(1 - J_{\text{БК}} \cdot 10^{-2})],$$

или

$$Пр_{\text{БК}} = N_{\text{л}} \Phi_{\text{БК}} K_{\phi} K_o \cdot 3600 / H_v, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $N_{\text{л}}$  – число ламп в облучателе;  $\Phi_{\text{БК}}$  – бактерицидный поток лампы, Вт.

Следует заметить, что эти формулы справедливы при работе облучателя в течение времени  $t$ , за которое дости-

гается заданный уровень  $J_{\text{БК}}$  в помещении объёмом  $V_{\text{п}} = Пр_{\text{БК}} \cdot t, \text{ м}^3$ .

Конструктивные внутренние элементы закрытого облучателя оказывают определённое сопротивление воздушному потоку. Степень гидравлического сопротивления учитывается суммарным коэффициентом местного сопротивления  $\mu$ , оценочное значение которого равно 1,1–1,3. При этом производительность вентилятора  $Пр_{\text{в}} = \mu \times Пр_{\text{БК}}$ . Фотографии разных типов облучателей приведены в прил. 3.

## УФ бактерицидные установки

УФ бактерицидная установка – стационарная группа закрытых УФ бактерицидных облучателей в помещении или модулей с бактерицидными лампами в системе воздуховода приточно-вытяжной вентиляции, которые обеспечивают в помещении заданный уровень  $J_{\text{БК}}$ . Существуют различные методы использования облучателей в бактерицидных установках:

- *Непрерывное обеззараживание воздуха в помещении в присутствии людей*

Этот режим достигается с использованием закрытых стационарных облучателей (рециркуляторов) или бактерицидных модулей в системах приточно-вытяжной вентиляции. Такой режим облучения рекомендуется применять для обеспечения эффективности обеззараживания помещений с большим количеством людей, особенно, если их нельзя перемещать, например, в палатах с инфекционными больными, в школах, дошкольных учреждениях и т.п.

Число облучателей в помещении определяется проектом, согласно техническому заданию. В ТЗ указываются:  $J_{\text{БК}}$ ,  $V_{\text{п}}$ , кратность воздухообмена  $K_{\text{р}}$  ( $\text{ч}^{-1}$ ), коэффициент надёжности  $K_{\text{н}} = 1,2$ . Затем определяется требуемая бактерицидная производительность рециркулятора в помещении:  $Пр_{\text{БК}} = V_{\text{п}} K_{\text{р}} K_{\text{н}}$ , с  $J_{\text{БК}} = 99,9\%$ ,  $H_v = 385$  Дж/ $\text{м}^3$  и время облучения  $t = 1$  ч.

Для помещений неинфекционного профиля время работы рециркуляторов должно быть не менее 12 ч. Для помещений с инфекционными больными время работы рециркуляторов должно быть круглосуточным. Для кабинетов инфекционного профиля необходимо включать рециркулятор до начала приёма пациентов на время 15–20 мин. При этом  $J_{\text{БК}}$  должна быть

не менее 99 %. Для этого выбирается режим работы рециркулятора при различных значениях  $Kp$  и  $t < 60$  мин, и оцениваются дозы по формуле (2).

• *Повторно-кратковременный режим облучения*

При этом режиме облучение помещения осуществляется в течение рабочего дня с чередованием сеансов облучения по  $t = 15$  мин = 0,25 ч и пауз между сеансами по 3 ч с помощью потолочных стационарных открытых облучателей. Во время 15-минутного сеанса облучения из помещения удаляются люди. За это время необходимо обеспечивать заданный уровень  $J_{\text{БК}}$ .

Число облучателей в помещении определяется по данным ТЗ, где указываются:  $V_{\text{п}}$ ,  $J_{\text{БК}}$ ,  $Kp$  и  $Kн=1,2$ . Затем, определяется требуемая бактерицидная производительность облучателя в помещении  $Pr_{\text{БК}}$  по формуле  $Pr_{\text{БК}} = V_{\text{п}} \cdot Kн \cdot Kp$ . Из существующей номенклатуры выбирается облучатель с такой же  $Pr_{\text{БК}}$  или с меньшей,  $Pr_{\text{н}}$ , но, однако, с заданным значением  $J_{\text{БК}}$ . Затем определяется число облучателей в помещении  $N_{\text{ч}} = Pr_{\text{БК}} / Pr_{\text{н}}$ . При этом число облучателей, производительность и доза пропорциональны  $Kp$ . Следует заметить, что с увеличением  $Kp$  увеличиваются затраты на бактерицидную установку.

Долгое время для обеззараживания воздушной среды помещений использовались открытые облучатели. Применение их в большинстве случаев усложняет эту процедуру из-за необходимости периодически удалять людей из помещения. Необходимо заметить, что наличие людей в помещении в период между сеансами облучения приводит к вторичной контаминации аэрогенными микроорганизмами воздуха в помещении за счёт людей-носителей инфекций. Это повышает уровень внутрибольничных инфекций. Кроме того, в период между сеансами облучения возникает так называемая фотореактивация погибших микроорганизмов, под воздействием видимого света, т.е. восстановление их жизнедеятельности. Из этого можно сделать вывод, что такой режим облучения является неэффективным для обеззараживания помещений с большим количеством людей, особенно если их нельзя перемещать. И этот режим применять не рекомендуется.

В отдельных случаях повторно-кратковременного режима облучения, для небольших помещений, можно

Таблица 6.1

Исходные данные	Значения
Вид микроорганизма (СПМ)	S. aureus
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	99,9 %
Константа fotocувствительности микроорганизма $\sigma_v$	0,0179 м <sup>3</sup> /Дж
Тип бактерицидной лампы	Амальгамная
Бактерицидный поток лампы $\Phi_{\text{БК}}$	50 Вт
Число ламп $N_{\text{л}}$	1
Коэффициент использования бактерицидного потока ламп $K_{\text{ф}}$	0,4
Материал отражателя	Полированный алюминий
Коэффициент отражения отражателя $\rho$	0,7
Коэффициент многократных отражений $K_0 = 1/(1-0,6\rho)$	1,72
Коэффициент местного сопротивления воздушному потоку от вентилятора $\mu$	1,2

Таблица 6.2

Исходные данные	Значения
Вид микроорганизма (СПМ)	S. aureus
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	99,9 %
Константа fotocувствительности микроорганизма $\sigma_v$	0,0179 м <sup>3</sup> /Дж
Тип бактерицидной лампы	Амальгамная
Бактерицидный поток лампы $\Phi_{\text{БК}}$	50 Вт
Число ламп $N_{\text{л}}$	1
Коэффициент использования бактерицидного потока ламп $K_{\text{ф}}$	0,6
Материал отражателя	Полированный алюминий
Коэффициент отражения отражателя $\rho$	0,7
Коэффициент многократных отражений $K_0 = 1/(1-0,3\rho)$	1,265
Константа fotocувствительности микроорганизма $\sigma_v$	0,0179 м <sup>3</sup> /Дж
Тип бактерицидной лампы	Амальгамная
Бактерицидный поток лампы $\Phi_{\text{БК}}$	50 Вт
Число ламп $N_{\text{л}}$	1
Коэффициент использования бактерицидного потока ламп $K_{\text{ф}}$	0,6

применять одиночные передвижные открытые облучатели. Требуемая бактерицидная производительность такого облучателя  $Pr_{\text{БК}} = V_{\text{п}} \cdot Kн / t$ , м<sup>3</sup>/ч.

• *Совмещённый режим облучения воздушной среды помещений*

Этот режим предусматривает применение как открытых, так и закрытых облучателей в операционных, кабинетах переливания крови и перевязочных. Облучатели включаются одновременно перед подготовкой по-

Таблица 6.3

Исходные данные	Значения
Вид микроорганизма (СПМ)	S. aureus
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	99,9 %
Константа фоточувствительности микроорганизма $\sigma_v$	0,0179 м <sup>3</sup> /Дж
Время облучения в сеансе $t$	0,25 ч
Тип бактерицидной лампы	амальгамная
Бактерицидный поток лампы $\Phi_{\text{БК}}$	50 Вт
Число ламп $N_{\text{л}}$	1
Коэффициент использования бактерицидного потока ламп Кф	0,8
Коэффициент многократных отражений Ко	1

Таблица 6.4

Исходные данные	Значения
Объём помещения $V_{\text{п}}$	400 м <sup>3</sup>
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	95 %
Кратность воздухообмена Кр	2 ч <sup>-1</sup>
Коэффициент надёжности Кн	1,2

Таблица 6.5

Исходные данные	Значения
Объём помещения $V_{\text{п}}$	400 м <sup>3</sup>
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	99,9 %
Время облучения в сеансе $t$	0,25 ч
Коэффициент надёжности Кн	1,2

Таблица 6.6

Исходные данные	Значения
Объём помещения $V_{\text{п}}$	400 м <sup>3</sup>
Бактерицидная эффективность $J_{\text{БК}}$	99,9 %
Кратность воздухообмена Кр	2 ч <sup>-1</sup>
Коэффициент надёжности Кн	1,2
Коэффициент местного сопротивления воздушному потоку от вентилятора $\mu$	1,2

мещения на 15 мин. Затем открытые облучатели выключаются.

### Типовые примеры расчётов

*Пример первый.* Необходимо рассчитать  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  закрытого облучателя и производительность вентилятора  $\text{Пр.в.}$

В таблицу (табл. 6.1) заносятся исходные данные для расчёта. По ним  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  и  $\text{Пр.в.}$  определяются как  $\text{Пр}_{\text{БК}} = N_{\text{л}} \cdot \Phi_{\text{БК}} \cdot \text{Кф} \cdot \text{Ко} \cdot \sigma_v \cdot 3600 / [-\ln(1 - J_{\text{БК}} \cdot 10^{-2})]$

$\times 10^{-2})] = 1 \cdot 50 \cdot 0,4 \cdot 1,72 \cdot 0,0179 \cdot 3600 / [-\ln(1 - 99,9 \cdot 10^{-2})] = 321 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\text{Пр.в.} = \text{Пр}_{\text{БК}} \cdot \mu = 321 \cdot 1,2 = 385 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

*Пример второй.* Необходимо рассчитать  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  потолочного открытого облучателя.

В таблицу (табл. 6.2) заносятся исходные данные для расчёта. По ним  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  определяется как  $\text{Пр}_{\text{БК}} = N_{\text{л}} \cdot \Phi_{\text{БК}} \cdot \text{Кф} \cdot \text{Ко} \cdot \sigma_v \cdot 3600 / [-\ln(1 - J_{\text{БК}} \cdot 10^{-2})] = 1 \cdot 50 \cdot 0,6 \cdot 1,265 \cdot 0,0179 \cdot 3600 / [-\ln(1 - 99,9 \cdot 10^{-2})] = 351 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

*Пример третий.* Требуется определить  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  передвижного открытого облучателя при  $t = 0,25 \text{ ч}$ .

В таблицу (табл. 6.3) заносятся исходные данные для расчёта. По ним  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  вычисляется по предыдущей формуле:  $1 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 0,0179 \cdot 3600 / [-\ln(1 - 99,9 \cdot 10^{-2})] = 373 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Окончательное значение  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  при длительности облучения  $t = 0,25 \text{ ч}$  равно  $373 \cdot 0,25 = 93,25 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

*Пример четвёртый.* Необходимо обеспечить обеззараживание воздушной среды помещения закрытыми облучателями. По исходным данным из ТЗ, приведённым в таблице (табл. 6.4), определяется требуемая бактерицидная производительность облучателя  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  с  $J_{\text{БК}} = 95 \%$ :  $\text{Пр}_{\text{БК}} = V_{\text{п}} \cdot \text{Кр} \cdot \text{Кн} = 400 \cdot 2 \cdot 1,2 = 960 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Такого облучателя в продаже нет, а имеется облучатель марки «ДЕЗАР» с  $\text{Пр.в.} = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $J_{\text{БК}} = 99,9 \%$ . Определяется новый режим работы выбранного облучателя при  $J_{\text{БК}} = 95 \%$  по формуле  $\text{Пр.н} = \text{Пр.в.} \cdot [-\ln(1 - 0,999)] / [-\ln(1 - 0,95)] = 100 \cdot 6,9 / 3 = 230 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Следовательно, число облучателей в помещении  $N_{\text{ч}} = \text{Пр}_{\text{БК}} / \text{Пр.н} = 960 / 230 \approx 4$ , а их расположение в помещении определяется по проектной документации.

*Пример пятый.* Требуется обеспечить обеззараживание воздушной среды помещения открытыми потолочными облучателями. По исходным данным из ТЗ, приведённым в таблице (табл. 6.5), определяется требуемая  $\text{Пр}_{\text{БК}}$  с  $J_{\text{БК}} = 99,9 \%$  при длительности облучения  $t = 0,25 \text{ ч}$ :  $\text{Пр}_{\text{БК}} = V_{\text{п}} \cdot \text{Кн} / t = 400 \cdot 1,2 / 0,25 = 1920 \text{ м}^3/\text{ч}$  при  $J_{\text{БК}} = 99,9 \%$ . Такого облучателя в продаже нет, а имеется другой с  $\text{Пр.в.} = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $J_{\text{БК}} = 99,9 \%$ . Определяется новый режим работы выбранного облучателя при  $t = 0,25 \text{ ч}$ :  $\text{Пр.н} = \text{Пр.в.} \cdot t = 1500 \cdot 0,25 = 375 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Следовательно,  $N_{\text{ч}} = \text{Пр}_{\text{БК}} / \text{Пр.н} = 1920 / 375 \approx 5$ , а расположение облучателей в помещении определяется по проектной документации.

*Пример шестой.* Следует определить бактерицидную производительность модуля  $\text{Пр.м}$  в системе приточно-вытяжной вентиляции в помещении. Исходные данные приведены в таблице (табл. 6.6). По ним определяется производительность вентилятора:  $\text{Пр.в.} = V_{\text{п}} \cdot \text{Кр} \cdot \text{Кн} = 400 \cdot 2 \cdot 1,2 = 960 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и затем – требуемое значение  $\text{Пр.м}$ : по формуле  $\text{Пр.м} = \text{Пр.в.} / \mu = 960 / 1,2 = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$ , с бактерицидной эффективностью 99,9 %.

Таблица 6.7

$t$ , мин	$K_p$ , ч <sup>-1</sup>	$H_v$ , Дж/м <sup>3</sup>	$J_{\text{бк}}$ , %	$Pr_{\text{бк}}$ , м <sup>3</sup> /ч
60	1	385	99,9	54
15	1	96,25	81,73	54
20	1	128,3	89,4	54
30	1	192,5	96,8	54
20	2	256,6	99	108
60	2	385	99,9	108

*Пример седьмой.* Требуется определить  $Pr_{\text{бк}}$  рециркулятора в кабине инфекционного профиля за время работы 15–20 мин, до начала приёма пациентов.  $J_{\text{бк}}$  должна быть не менее 99 %. Исходные данные:  $V_{\text{п}} = 45 \text{ м}^3$ ,  $K_p = 1 \text{ ч}^{-1}$ ,  $K_n = 1,2$ . Выбирается, из имеющихся в продаже, рециркулятор с  $Pr_{\text{бк}} = V_{\text{п}} \cdot K_p \cdot K_n \cdot t = 45 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $J_{\text{бк}} = 9,99 \%$ , за время работы  $t = 1 \text{ ч}$ . Затем определяется новый режим работы рециркулятора вычисляется, при разных значениях  $K_p$  и  $t$  ( $\leq 60$  мин), по формулам  $J_{\text{бк}} = [1 - \exp(-\sigma_v \cdot H_v)] \cdot 100, \%$ , где  $H_v = 385 \cdot K_p \cdot t / 60$ , Дж/м<sup>3</sup>, и результаты вычислений заносятся в таблицу (табл. 6.7).

### Правила эксплуатации и техника безопасности

1. Реализация бактерицидных установок должна проводиться по согласованному ТЗ и проекту, утверждённым службами Роспотребнадзора.

2. Необходимое число облучателей для каждого помещения определяют расчётом согласно действующим нормам (требование СанПин 2.1.3.2630–10, п. 11.12).

3. УФИ в бактерицидном диапазоне длин волн представляет опасность для человека, особенно для зрения.

4. При необходимости нахождения персонала в помещении, где установлены работающие открытые УФ бактерицидные облучатели или производится измерение бактерицидного потока УФ ламп, следует использовать лицевые маски, очки и перчатки.

5. Не допускается использование озонирующих УФ ламп для обеззараживания воздушной среды в помещении, где находятся люди. Остаточный озон при комнатной температуре распадается через 30–60 мин. Появление запаха озона может служить индикатором опасности для человека. При обнаружении того, что концентрация

озона в помещении превышает допустимую норму, следует прекратить работу облучателя и выявить озонирующие лампы.

6. При разрушении колбы ртутных ламп в воздух могут попасть пары ртути в количествах существенно выше допустимых норм, что в случае увиолевых ламп требует демеркуризации помещения, а в случае амальгамных ламп – его проветривания.

7. Подача и отключение питания открытых облучателей от электрической сети должны осуществляться с помощью выключателей, расположенных вне помещения у входной двери, которые заблокированы со световым табло над дверью: «Не входить! Опасно! Идёт обеззараживание помещения ультрафиолетом».

8. Бактерицидные лампы, отработавшие срок службы должны храниться в отдельном помещении до их утилизации, согласно действующим нормам.

9. Необходимо периодически осуществлять очистку от пыли отражающих поверхностей облучателей и колбу ламп, т.к. даже небольшой слой пыли заметно снижает значение бактерицидного потока. Протирка от пыли и замена ламп должны проводиться ежемесячно, строго при отключённой от сети бактерицидной установке.

### ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение 1:** табл. П. 1.

**Приложение 2:** рис. П. 1 и табл. П. 2.

**Приложение 3:** рис. П. 2–П.4.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нейштадт Я.Э.* Бактерицидное УФ излучение. – М.: Медгиз, 1956. – 120 с.
2. *Костюченко С.В., Красночуб А.Б., Кудрявцев Н.Н.* Новое поколение бактерицидных об-

лучателей для обеззараживания воздуха и воды на базе высокоэффективных амальгамных ламп // Светотехника. – 2004. – № 4 – С. 15–19.

3. *Васильев А.И., Красночуб А.Б., Кузьменко М.Е., Петренко Ю.П., Печеркин А.Я.* Анализ современных промышленных источников бактерицидного УФ излучения // Светотехника. – 2004. – № 6. – С. 42–45.

4. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: коллективная монография под ред. Ф.В. Кармазинова и др. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 392 с.

5. *Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбаишев В.Г.* УФ излучение в профилактике инфекционных заболеваний. – М.: Медицина, 2003. – 204 с.

6. *Вассерман А.Л., Юзбаишев В.Г.* Математическая модель для расчёта производительности УФ бактерицидного рециркулятора // Светотехника. – 2015. – № 6. – С. 38–39.

7. *Арцимович Л.А.* Элементарная физика плазмы. – М.: Госатомиздат, 1963. – 98 с.

8. *Рохлин Г.Н.* Газоразрядные источники света. – М.-Л.: Энергия, 1966. – 560 с.

9. *Вассерман А.Л.* Измерение бактерицидного потока УФ ртутных ламп низкого давления // Светотехника. – 2019. – № 1. – С. 69–72.

10. Справочная книга по светотехнике. 4-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Ю.Б. Айзенберга и Г.В. Бооса. – М.: 2019. – 892 с.

### Перечень нормативных документов (по теме статьи)

I. ГОСТ Р 15013 «Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия».

II. СанПиН 2.1.3.2630–10 «Санитарно-эпидемические правила и нормативы».

III. РЗ.5.1904–04 «Руководство. Использование УФ бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях».

IV. СН № 4557–88 «Санитарные нормы УФ – излучения в производственных помещениях».

V. Методические рекомендации по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризации и оценки её эффективности № 4545–87.

VI. Руководство по проектированию и эксплуатации ультрафиолетовых бактерицидных установок для обеззараживания воздушной среды помещений предприятий мясной и молочной промышленности. Разработано ЗАО Институтом «Гипромясомолпромом»

VII. Руководство МУ 2.3.975–10 «Применение УФ бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общест-

Константы фоточувствительности для некоторых видов микроорганизмов при облучении поверхности  
 $\sigma(\sigma_s, \text{м}^2/\text{Дж})$  и воздушного объема ( $\sigma_v, \text{м}^3/\text{Дж}$ )

Бактерии	$\sigma_s$	$\sigma_v$	Грибковые дрожжи	$\sigma_s$	$\sigma_v$
Bacillus anthracis	0,051	0,0195	Хлебопекарные дрожжи	0,060	–
<i>Bacillus megatherium</i> (veg)	0,084	0,034	Пивные дрожжи	0,070	–
<i>Bacillus megatherium</i> (spores)	0,178	0,0743	Дрожжеподобные грибы	0,038	–
Bacillus paratyphosus	0,072	0,0274	Saccharomyces cerevisiae	0,038	–
Bacillus subtilis (veg)	0,032	0,0123	Saccharomyces ellipsoideus	0,038	–
Bacillus subtilis (spores)	0,019	0,0073	Saccharomyces sp.	0,029	–
Campylobacter jejuni	0,209	0,0768	<b>Споры плесени</b>		
Clostridium tetani	0,019	0,0073			
Corynebacterium diphtheriae	0,069	0,026			
Бациллы дизентерии	0,105	0,040	Aspergillus flavus	0,003	–
Eberthella typhosa	0,108	0,041	Aspergillus glaucus	0,004	–
Escherichia coli	0,077	0,029	Aspergillus niger	0,0014	–
Klebsiella terrifani	0,089	0,034	Mucor racemosus	0,013	–
Micrococcus candidus	0,038	0,015	Oospora lactis	0,046	–
Phytomonas tumefaciens	0,023	0,0088	Penicillium expansum	0,018	–
Mycobacterium tuberculosis	0,038	0,015	Penicillium roqueforti	0,018	–
Micrococcus sphaeroides	0,053	0,020	<b>Вирусы</b>		
Pseudomonas aeruginosa	0,042	0,014			
Pseudomonas fluorescens	0,065	0,025			
Proteus vulgaris	0,086	0,035	Гепатит А	0,032	0,011
Salmonella enteritidis	0,058	0,022	Вирус гриппа	0,064	0,024
Salmonella paratyphi	0,072	0,068	MS-2 Coliphage	0,012	0,0045
Salmonella typhimurium	0,029	0,011	Полиовирус	0,040	0,015
Sarcina lutea	0,012	0,0045	Ротавирус	0,028	0,0107
Serratia marcescens	0,095	0,037	<b>Простейшие</b>		
Shigella paradysenteriae	0,141	0,051			
Shigella sonnei	0,077	0,029			
Staphylococcus aureus	0,10	0,0179	Cryptosporidium parvum	0,092	0,035
Staphylococcus faecalis	0,053	0,020	Giardia lamblia	0,209	0,0768
Staphylococcus haemolyticus	0,106	0,042			
Streptococcus lactus	0,037	0,014			
Streptococcus viridans	0,043	0,115			
Холерный вибрион ( <i>V.comma</i> )	0,066	0,025	Хлорелла обыкновенная	0,019	–

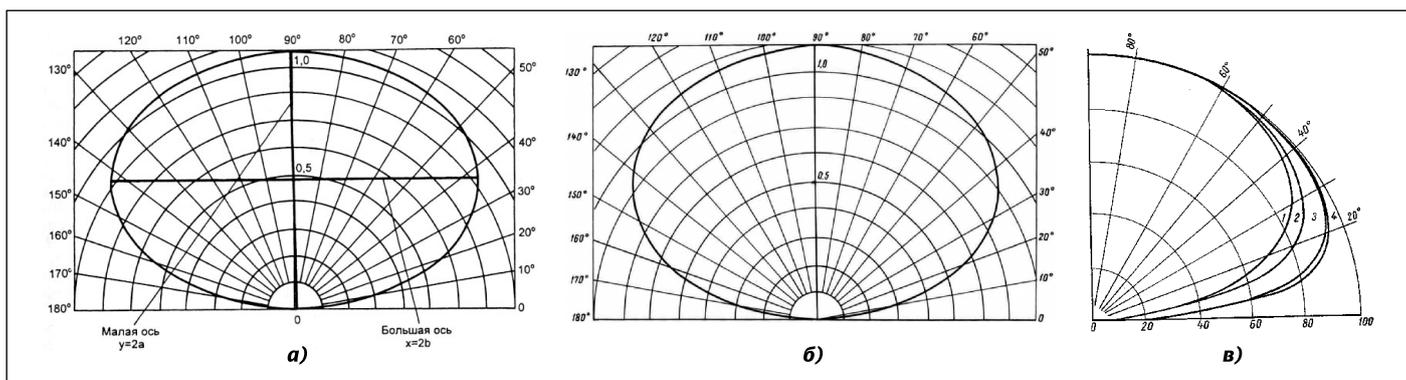


Рис. П. 1. Индикатрисы излучения в продольной плоскости разрядных трубчатых ламп-объемных излучателей: а – ртутная лампа ВД типа ДРРТ-400; б – ксеноновая импульсная трубчатая лампа ИСПТ 6000; в-трубчатые ксеноновые лампы: с водяным охлаждением – ДКсТВ 15000 (1) и ДКсТВ 6000 (2); с воздушным охлаждением – ДКсТ 5000 (3) и ДКсТ 1000 (4)

Таблица П. 2

**Амальгамные лампы высокой интенсивности**

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Бактерицидный поток, Вт	Длина дуги, мм	Полная длина, мм
ALC100/32	100	23	320	470
ALC120/45	120	30	445	595
ALC170/70	170	50	695	845
ALC215/95	215	65	945	1095
ALC240 / 107	240	75	1070	1220



Рис. П. 4. Модуль с бактерицидными лампами «МЕГАЛИТ-6» (НПО «ЛИТ», РФ), встраиваемый в систему приточно-вытяжной вентиляции

венного питания и торговли продовольственными товарами».

**Предприятия-изготовители бактерицидных ламп, облучателей и УФ радиометров**

1. ООО «НИИИС им. Л.Н Лодыгина», Саранск – Бактерицидные лампы.
2. НПО «ЛИТ» Москва – Бактерицидные лампы и облучатели.
3. ЗАО «КРОНТ», Москва – Бактерицидные облучатели.
4. ООО НТП «ТКА», Санкт-Петербург, ВНИИОФИ, Москва – Радиометры.

Рис. П. 2. Внешний вид промышленных образцов бактерицидных закрытых облучателей (рециркуляторов): а – «Stery box» (TissiMedica, США), производительность 20–50 м³/ч, 5 ртутных ламп НД мощн. по 25 Вт, 500×150×600 мм, 25 кг; б – «Дезар-5» («КРОНТ», РФ), производительность 100 м³/ч, 5 ртутных ламп НД мощн. по 15 Вт, 890×150×145 мм, 7,2 кг; в – «АЭРОЛИТ-200» (НПО «ЛИТ», РФ), производительность 200 м³/ч, 1 амальгамная лампа мощн. 170 Вт, 1100×285×150 мм, 15 кг

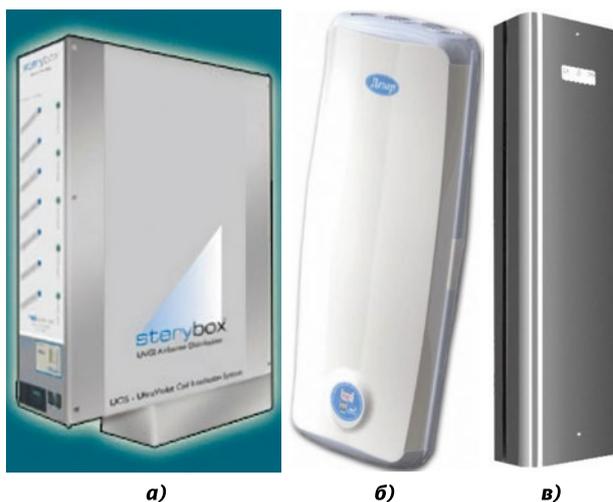
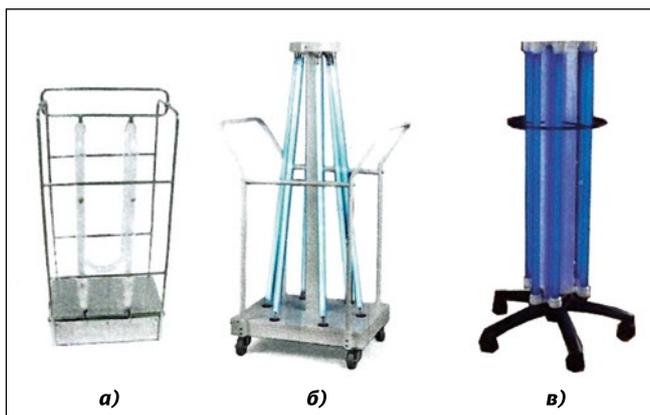


Рис. П. 3. Внешний вид промышленных образцов бактерицидных открытых облучателей: а – «СВЕТОЛИТ-90» (НПО «ЛИТ», РФ); б – ОБП-6×30–450 (ООО «СибЭСТ», РФ); в – ОБН-450П 6×55 (ООО ЦС «СЕНТЕХ», РФ)




**Вассерман Александр Львович**, кандидат техн. наук. Окончил в 1957 г. электрофизический факультет ВЗЭИ. Заслуженный машиностроитель РФ. Инвалид Великой Отечественной войны