

Утверждаю
Директор ФГУН НИИ
дезинфектологии
Роспотребнадзора,
академик РАН
Шандала М.Г.
2008г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по бактерицидной эффективности бактерицидных ламп LTC 15 T8 и LTC 30 T8 производства фирмы «LightTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия)

Оценка специальных бактерицидных ламп УФ излучения LTC 15T8 и LTC 30T8 производства фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия) проведены сотрудниками лаборатории проблем стерилизации Федерального государственного учреждения науки «Научно-исследовательский институт дезинфектологии» Роспотребнадзора (далее именуемый НИИД). Испытания проведены в соответствии с контрактом № 5/08-К от 29.02.2008 г.

Целью данной работы являлось проведение оценки бактерицидной эффективности указанных ламп для определения возможности их применения в составе бактерицидных облучателей, рециркуляторов и в камерах сохранения стерильности.

В ходе работы необходимо было решить следующие задачи:

- проверить соответствие конструкции ламп описанию, представленному в технической и эксплуатационной документации;
- получить экспериментальные данные, подтверждающие возможность эффективного применения ламп для обеззараживания воздуха испытательного бокса, искусственно контаминированного тест-микроорганизмом, и сравнить эти данные с полученными в ранее проведенных исследованиях с лампами аналогичной мощности, производимые фирмой «Филипс» (Голландия);
- замерить уровень озона при работе ламп в экспериментальном боксе.
- провести расчет бактерицидной эффективности бактерицидных ламп LTC 15 T8 и LTC 30 T8 по сравнению с лампами, производимыми фирмой «Филипс».

Для проведения испытаний разработчиком были представлены:

- образцы бактерицидных ламп LTC 15T8 и LTC 30T8, отработавших 100 часов;
- открытый облучатель для установки ламп при проведении испытаний;
- техническая документация (паспорта ламп; протоколы спектрорадиометрических испытаний, проведенных аккредитованной лабораторией фирмы «LighTech Lamp Technology»; проспект фирмы).

1. Основные технические характеристики облучателя используемого для оценки ламп.

- Облучатель работает от сети переменного тока напряжением (220±22) В, частотой 50 Гц;
- Мощность, потребляемая облучателем от сети переменного тока, составляет не более 300 ВА;

- Облученность на расстоянии 1 метра от источника УФ излучения (облучателя, оборудованного двумя бактерицидными лампами):
- LTC 15T8 – не менее 1 Вт/м;
- LTC 30T8 – не менее 2,0 Вт/м;
- TUV 15W LL – не менее 1 Вт/м
- TUV 30W LL – не менее 2,0 Вт/м.

Основные физические параметры бактерицидных ламп, предусмотренных для испытаний, а также ламп TUV 30W LL и TUV 15W LL представлены в табл. 1.

Таблица 1
Физические параметры бактерицидных ламп LTC и TUV

Тип лампы	Мощность, Вт	Ток, А	Бактерицидный поток, Вт	Диаметр, мм	Длина, мм	Срок службы, час.	Спад излучения после 9000 ч работы
LTC30T8	30	0,36	11,0	26	895	9000	15%
LTC15T8	15	0,35	4,8	25,7	436,2	9000	15%
TUV 30W LL	30	0,36	10,0	26	895	8000	15%
TUV 15W LL	15	0,34	4,0	26	438	8000	15%

Лампы LighTech LTC 30T8 и LTC 15T8, как и лампы Филипс TUV 30W LL и TUV 15W L, являются ртутными лампами низкого давления, изготовленными из увиолевого стекла, пропускающего ультрафиолет УФ-С. Основная часть излучаемого спектра ламп – коротковолновое ультрафиолетовое излучение с длиной волны 254нм. Озонообразующее излучение с длиной волны менее 200нм поглощается специальными добавками, поэтому в процессе работы ламп регистрируется предельно малое образование озона, которое практически исчезает после 100 часов работы ламп. По данным фирмы-изготовителя («LighTech Lamp Technology Ltd», Венгрия), внутренняя поверхность лампы покрыта особым внутренним покрытием, обеспечивающим чрезвычайно длительный срок работы лампы (более 8000 часов) без значительного падения УФ излучения (всего 15% после 8000 часов работы).

Оптимальной температурой воздуха в помещении, где эксплуатируются лампы является температура 20°C. Очень высокие или очень низкие температуры окружающей среды (ниже 15°C и выше 35°C) ведут к изменению давления паров ртути в лампах и, как следствие, к снижению выхода ультрафиолетового излучения (4).

Облучатель, который был выбран для испытаний ламп относится к типу открытых, поэтому облучение могло проводиться только в отсутствие людей (2).

Облучатель состоит из:

- корпуса, оборудованного для установки двух бактерицидных ламп, без отражателей;
- светотехнической части (бактерицидные лампы, пускорегулирующая аппаратура).

Подключение облучателя к сети питания осуществляется с помощью трехпроводного сетевого кабеля, один из проводов которого – заземляющий.

2. Материалы и методы исследований.

Первоначально в соответствии с методикой, рекомендованной Руководством Р 3.5. 1904 – 04 «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях», провели расчет эффективного режима применения облучателей, оборудованных лампами LTC 15 T8 и LTC 30 T8.

Основная задача расчета состояла в том, чтобы рассчитать время, необходимое для обеспечения заданного уровня бактерицидной эффективности в помещениях различных объемов ($30 \text{ м}^3 - 70 \text{ м}^3$).

Основные исходные данные для проведения расчета были следующими.

- Категория помещения – расчет проводили для помещений I категории.
- Объем помещения ($V = h \times S \text{ м}^3$), которое может быть обработано изучаемым облучателем – 30 и 70 м^3 .
- Вид микроорганизма – в данном случае в качестве санитарно-показательного принят микроорганизм *Staphylococcus aureus*.
- Бактерицидная эффективность ($J_{\text{бк}}\%$) и соответствующая виду микроорганизма объёмная ($H_v, \text{Дж}/\text{м}^3$) доза (экспозиция) – $99,9\%$ и $385 \text{ Дж}/\text{м}^3$ (доза для обработки воздуха для помещений I категории из табл. приложения 1 к Заключению).
- Условия обеззараживания – только в отсутствии людей.
- Объект обеззараживания – воздух.
- Длительность сеанса облучения ($t, \text{с}$), при котором должно обеспечиваться достижение заданного уровня бактерицидной эффективности – определяемый параметр;
- Физические параметры ламп – из табл. 2.
- Коэффициент использования бактерицидного потока облучателя ($K_{\text{ф}}$) – величины коэффициентов приведены в табл. 2 приложения 5 "Руководства ..." (2).

Имеющиеся исходные данные позволяют определить число облучателей N_0 (прямая задача), длительность сеанса облучения t или объем помещения, которое может быть обработано изучаемым облучателем, (обратная задача) с помощью формулы [1] в зависимости от объекта и системы обеззараживания, а также рассчитать производительность облучателя (Пр) с помощью формулы [2].

$$N_0 = \frac{V \times H_v}{\sum \Phi_{\text{бк}} \times K_{\text{ф}} \times t}, \text{шт} \quad [1]$$

$$\text{Пр} = V/t, \text{м}^3/\text{час} \quad [2]$$

Следующим этапом проводили проверку рассчитанного режима в ходе микробиологических исследований.

Изучение бактерицидной эффективности облучателя проводили в боксе объемом около 30 м^3 и помещении объемом 70 м^3 . Температура воздуха в боксе объемом 30 м^3 и помещении объемом 70 м^3 была $20 \pm 2^\circ\text{C}$, относительная влажность – $54 \pm 10\%$.

В качестве тест-микроорганизма был использован *S. aureus*, принятый в качестве санитарно-показательного микроорганизма для оценки загрязнения воздушной среды.

Для искусственного заражения воздуха в боксе использовали опрыскиватель ОП-03 производительностью $50-100 \text{ мл}/\text{мин}$ с диаметром распыляемых капель до 20 мкм . Экспериментальным путем для распылителя подбирали бактериальную суспензию

с определенным содержанием тест-микробов (по стандарту мутности), которое при распылении создавало бы в воздухе бокса уровень обсемененности $2 \times 10^5 \pm 20\%$, что соответствует высокой обсемененности воздуха помещений ЛПУ.

Отбор проб воздуха из бокса проводили через трубку длиной 0,8 м, которую вставляли в заборное отверстие на расстоянии 1,0 м от пола. Контролем служили аналогичные измерения количества микроорганизмов без включения бактерицидного облучателя. Для предотвращения быстрого оседания микроорганизмов в бокс помещали поворачивающийся вентилятор, производительностью $200 \pm 20\% \text{ м}^3$, который постоянно перемешивал воздух.

После обработки воздуха при различных экспозициях отбирали пробы (по 50 л), прокачивая воздух через систему из двух склянок Дрекслея с 50 мл стерильной питьевой воды, которую затем высевали в толщу питательной среды (солевой казеиновый агар). Посевы выдерживали в термостате при 37°C в течение 48 часов. Подсчитывали количество выросших колоний *S. aureus* и пересчитывали их содержание в 1 м^3 воздуха.

Для сравнительной оценки бактериальной эффективности использованы данные, ранее полученные на таких же облучателях в аналогичных условиях с лампы Филипс TUV 30W LL и TUV 15W LL.

Контроль уровня озона в помещении при обработке облучателем (бактерицидными лампами LTC) проводили с помощью хемолюминесцентного газоанализатора озона мод. 3-02-П2 производства ОПТЭК, г. С.-Петербург.

3. Результаты исследований

На первом этапе исследований были проведены расчеты режимов применения облучателя, оборудованного лампами LTC 15 T8 или LTC 30 T8, что позволило подобрать ориентировочное время, необходимое для обеспечения заданного уровня бактерицидной эффективности для проведения биологических испытаний в помещениях различных объемов.

3.1. Расчет облучателя

Сначала определяли производительность облучателя, под которой подразумевается его способность обеззараживать объем помещения (м^3) в течение одного часа при заданной бактерицидной эффективности и виде микроорганизма.

Для бактерицидной эффективности 99,9%, требуемой для помещений 1 категории в ЛПУ (2) расчет объема помещения, в котором может быть проведена обработка с помощью данного облучателя, производили по формуле [3], рассчитанной из формулы [1]:

$$V = \frac{N_o \times \Phi_{\text{бк}} \times K_{\text{фк}} \times t}{H_v} =, \text{ м}^3 \quad [3],$$

где:

- N_o - число ламп - 2 шт;
- H_v - объёмная доза (экспозиция), Дж/м³ для выбранного микроорганизма (*S. aureus*) - из таблицы 2 приложения составляет: для бактерицидной эффективности 99,9% - 385 Дж/м³.
- V - объём помещения - 30 м³ или 70 м³;
- $K_{\text{ф}}$ - коэффициент использования бактерицидного потока для ламп, не имеющих специального отражателя, принят равным 0,6 - см. таблицу 2 приложения 5 Руководства (2);
- $\Phi_{\text{бк}}$ - бактерицидный поток лампы - LTC 30T8 - 11,3 Вт; LTC 15T8 - 4,8 Вт

- t - длительность сеанса облучения - определяемый параметр; рекомендуемое время обработки при использовании облучателей открытого типа - до 30 мин - см. таблица 2, главы 6, Руководства (2).

Примеры расчета.

1. Расчет рекомендуемого объема (V) для обработки.

При времени облучения 1 час (3600 сек) и всех включенных лампах рекомендуемый объем для обработки рассчитывается по формуле [3], а производительность облучателя – по формуле [2].

В табл. 2 приведены результаты расчета объема помещения 1-ой категории, воздух в котором может быть эффективно обработан в течение 1 часа с помощью облучателей, оборудованных лампами LTC 15T8 и LTC 30T8, а также расчет производительности облучателя.

Таблица 2

Расчет объема помещения и производительности облучателя

Наименование лампы в облучателе	Категории помещения	Расчетный объем для обработки (V), м ³ /час	Производительность облучателя (Pr_o) м ³ /час
LTC 30T8	I	$V = \frac{2 \times 11,3 \times 0,6 \times 3600}{385} = 126,8$	$Pr_o \approx 125$
LTC 15T8		$V = \frac{2 \times 4,8 \times 0,6 \times 3600}{385} = 53,8$	$Pr_o \approx 50$

П. Расчет времени (t) для обработки помещений требуемых объемов (30 и 70 м³).

а) При обработке бактерицидным облучателем, оборудованным двумя лампами LTC 30T8:

– для объема 30 м³

$$t = \frac{V \times H_v}{N \times \Phi_{ок} \times K_{\phi}} = \frac{30 \times 385}{2 \times 11,3 \times 0,6} = 851,8 \text{сек} = 14,2 \text{мин} \quad [4]$$

– для объема 70 м³

$$t = \frac{V \times H_v}{N \times \Phi_{ок} \times K_{\phi}} = \frac{70 \times 385}{2 \times 11,3 \times 0,6} = 1987,5 \text{сек} = 33,1 \text{мин} \quad [5]$$

б) При обработке с помощью бактерицидного облучателя, оборудованного двумя лампами LTC 15T8.

– для объема 30 м³

$$t = \frac{V \times H_v}{N \times \Phi_{ок} \times K_{\phi}} = \frac{30 \times 385}{2 \times 4,8 \times 0,6} = 2005 \text{сек} = 33,4 \text{мин} \quad [6]$$

– для объема 70 м³

$$t = \frac{V \times H_v}{N \times \Phi_{\text{ок}} \times K_{\phi}} = \frac{70 \times 385}{2 \times 4.8 \times 0,6} = 4678.8 \text{сек} = 77.9 \quad [7]$$

мин

$$t = \frac{V \times H_v}{N \times \Phi_{\text{ок}} \times K_{\phi}} = \frac{70 \times 385}{2 \times 5 \times 0,6} = 3144 \text{сек} = 52,4 \text{мин} \quad [7]$$

Результаты этих расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетное время эффективного обеззараживания

Наименование лампы в облучателе	Категории помещения	Объем помещения (м ³)	Расчетное время обеззараживания (мин.)
LTC 30T8	I	30	14,2
		70	33,1
LTC 15T8		30	33,4
		70	77,9

В процессе проведения экспериментальных исследований определяли бактерицидную эффективность облучателя, при искусственной контаминации воздуха *S.aureus* в помещениях объемом 30 и 70 м³ при различном времени облучения.

Результаты, полученные при изучении бактерицидной эффективности облучателя, представленные в таблице 4, свидетельствуют об эффективности применения УФ облучения воздуха с помощью бактерицидных ламп - помещение объемом 30 м³ за 15 мин на 99,9% освобождается от санитарно-показательных микроорганизмов *S. aureus* (приравнивается к уровню помещений I категории (2)), помещение объемом 70 м³ удасться обеззаразить за 40 мин. при этом показатели эффективности бактерицидных ламп LTC 30T8 и TUV 30WLL практически не отличаются.

При проведении контрольных измерений отмечается снижение количества искусственной микрофлоры в воздухе помещения, за счет их осаждения на горизонтальные поверхности, так через 30 минут на 39% и через 60 мин на 67,3%. Однако, как известно, микроорганизмы, осевшие на горизонтальные поверхности, при этом не потеряли своей жизнеспособности и могут являться источником вторичной контаминации воздуха. Снижение же обсемененности воздуха в обрабатываемых помещениях происходит за счет отмирания взвешенных микроорганизмов, поэтому воздух в них эпидемиологически более безопасен.

Сравнительная эффективность обеззараживания воздуха, обсемененного *S. aureus*, при работе облучателя, оборудованного двумя лампами ЛТС 30Т8 и двумя лампами ТУУ 30W LL

Таблица 4

Объем обрабаты- ваемого по- мещения, м ³	Продолжитель- ность облуче- ния, мин.	Контроль без облучения		ЛТС 30Т8		ТУУ 30W LL	
		Контроль	Снижение об- семенности, %	При облучении	Снижение об- семенности, %	При облучении	Снижение об- семенности, %
30	После распы- ления	4,1×10 ⁴		3,9×10 ⁴		3,4×10 ⁴	
	5	3,9×10 ⁴		8,6×10 ²	98,8	9,0×10 ²	97,35
	10	3,7×10 ⁴		26	99,94	38	99,89
	15	3,3×10 ⁴		2	99,99	3	99,99
	20	2,9×10 ⁴		0	100	0	100
	25	2,7×10 ⁴		0	100	0	100
30	2,5×10 ⁴		39,0				
70	После распы- ления	3,8×10 ⁴		3,3×10 ⁴		3,0×10 ⁴	
	10	3,1×10 ⁴		1,2×10 ³		2,1×10 ³	93,0
	20	2,8×10 ⁴		3,4×10 ²		1,9×10 ²	99,37
	30	2,5×10 ⁴		32	99,9	62	99,79
	40	2,3×10 ⁴		2	99,99	2	99,99
	50	2,1×10 ⁴			0	0	100
60	1,9×10 ⁴		67,3		0	0	

Таблица 5

Сравнительная эффективность обеззараживания воздуха, обсемененного *S. aureus*, при работе облучателя, оборудованного двумя лампами LTC 15T8 и двумя лампами TUV 15W LL

Объем обрабатываемого помещения, м ³	Продолжительность облучения, мин.	LTC 15T8		TUV 15W LL	
		Количество микробных клеток в 1 м ³ воздуха помещения			
		При облучении	Снижение обсемененности, %	При облучении	Снижение обсемененности, %
30	После распыления	3,6×10 ⁴		3,7×10 ⁴	
	5	1,1×10 ⁴	64,44	9,6×10 ³	74,05
	10	2,2×10 ³	93,89	1,4×10 ³	96,2
	15	8,7×10 ²	97,58	4,6×10 ²	98,75
	20	2,6×10 ²	99,28	2,5×10 ²	99,32
	25	2,2×10 ²	99,39	1,1×10 ²	99,7
	30	0,5×10 ²	99,86	0,7×10 ²	99,81
	35	4	99,99	12	99,97
	40	0	100	0	100
70	После распыления	3,8×10 ⁴		3,3×10 ⁴	
	10	2,1×10 ⁴	44,73	2,3×10 ⁴	30,3
	20	1,2×10 ⁴	68,42	1,25×10 ⁴	62,12
	30	6,5×10 ³	82,89	7,7×10 ³	76,67
	40	2,3×10 ³	93,95	3,2×10 ³	99,03
	50	1,4×10 ²	99,63	1,2×10 ²	99,64
	60	11	99,97	17	99,95
	70	0	100	0	100

Результаты, полученные при испытаниях бактерицидных ламп LTC 15T8 и TUV 15W LL (табл. 5) также свидетельствуют об эффективности применения УФ облучения воздуха с помощью бактерицидных ламп - помещение объемом 30 м³ за 35-40 мин полностью освобождается от санитарно-показательных микроорганизмов *S. aureus* (приравнивается к уровню помещений 1 категории), помещение объемом 70 м³ удается обеззаразить только за 70 мин. при этом показатели эффективности бактерицидных ламп LTC 30T8 и TUV 30WLL практически не отличаются.

Рекомендуемое Руководством (2) время обеззараживания воздуха в помещениях ЛПУ - не более 30 мин. Поэтому для обеспечения обеззараживания воздуха за такое время облучателями, оборудованными лампами мощностью 15 Вт, необходимо увеличивать число устанавливаемых в помещении облучателей.

Полученные экспериментальные данные сравнивали с результатами расчетов, приведенных в таблице 3.

На основании сравнения можно сделать следующее заключение.

Расхождения между расчетными и экспериментальными данными находятся в пределах допустимых отклонений. Это свидетельствует о том, что расчетными данными можно пользоваться при постановке различных задач для бактерицидных ламп. При наличии достаточных исходных данных можно расчетным путем определить режим облучения в зависимости от поставленных задач.

В случае необходимости использования облучателей (бактерицидных ламп) для обеззараживания воздуха помещения, зараженного другими видами микроорганизмов, расчет времени облучения при заданной бактерицидной эффективности (99,9%) также может быть выполнен по формуле [4], при этом объемная доза (экспозиция) H_V для микроорганизмов конкретных видов берется из таблицы Приложения 2 данного Заключения. Расчетные данные всегда должны быть подтверждены бактериологическими исследованиями по оценке эффективности.

3.3. Замеры уровня образования озона.

В пробах воздуха, отобранных из воздуха обрабатываемого помещения для определения наличия озона после проведения обработки помещения с помощью облучателя, не отмечено превышения фоновых показателей наличия озона.

4. Выводы

1. На основании проведенных исследований получены результаты, свидетельствующие о высокой эффективности бактерицидных ламп LTC 15 T8 или LTC 30 T8 производства компании фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия).
2. Данные сравнительного анализа бактерицидных ламп LTC 15 T8 или LTC 30 T8 производства компании фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия) с бактерицидными лампами производства фирмы Филипс показали аналогичные результаты по эффективности.
3. Испытания подтвердили бактерицидные лампы LTC 15 T8 или LTC 30 T8 производства компании фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия), что могут быть адекватной заменой во всех бактерицидных установках, в которых используются лампы, производства фирмы «Филипс».
4. Подтверждены данные об отсутствии озonoобразования при работе ламп. При проведении замеров уровня концентрации озона в процессе работы испытываемых облучателей оборудованных отоженными лампами LTC 15 T8 или LTC 30 T8 производства фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd» (Венгрия) не было отмечено превышения фоновых показателей озона в воздухе обрабатываемого помещения.
5. Лампы LTC 15 T8 или LTC 30 T8 (по данным фирмы «LighTech Lamp Technology Ltd», Венгрия) имеют срок работы 9000 часов, что превышает срок работы ламп фирмы «Филипс».
6. Приведенная методика расчета позволяет рассчитать время облучения для обеспечения бактерицидной эффективности обработки воздуха помещений при его обсеменении микроорганизмами различных видов.

Список используемой литературы

1. "Санитарные нормы ультрафиолетового освещения в производственных помещениях", № 4557-88. Утверждены Минздравом СССР 28.02.1988г.
2. Руководство "Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях" № Р 3.5. 1904-04 от 04.03.04 г.

3. Мешков В.В. "Основы светотехники" М. "Энергия", 1979, ч.1

4. Руководство "По проектированию и эксплуатации ультрафиолетовых бактерицидных установок для обеззараживания воздушной среды помещений предприятий мясной и молочной промышленности" утв. 31. 01.02 г.

Зав. лабораторией проблем стерилизации



Абрамова И.М.

Вед. научный сотрудник



Юзбашев В.Г