

Проектирование облучательных установок в сельскохозяйственном ПРОИЗВОДСТВЕ

Удалено: ¶

Удалено: ¶
¶
¶

Кострома 2003

УДК 621.384:63

Учебно-методическое пособие “Проектирование облучательных установок в сельскохозяйственном производстве” составлено доцентом кафедры электропривода и электротехнологии Фалилеевым Н.А.

Пособие рекомендовано к изданию Методической комиссией факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства Костромской ГСХА.

Рецензент: Бочкарев В. Н. – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства Костромской ГСХА;

Учебно –методическое пособие «Проектирование облучательных установок в сельскохозяйственном производстве» предназначено для самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения (специальность 311400) по курсу «Светотехника и электротехнология», содержит сведения по значению облучательных установок в сельскохозяйственном производстве, по техническим характеристикам бактерицидных, эритемных (витальных), инфракрасных и фитоблучательных установок и характеристикам источников оптического излучения. Рассмотрены методики расчета этих установок и приведены примеры их расчета.

Содержание

Введение	4
Расчет фитооблучательных установок	5
Бактерицидных облучательных установок	10
Расчет установок для обеззараживания воды	18
Витальные (эритемные) облучательные установки	19
Расчет стационарных облучательных установок	20
Расчет подвижных облучательных установок	26
Инфракрасные облучательные установки	29
Расчет инфракрасных облучательных установок для обогрева молодняка	29
Расчет инфракрасных облучательных установок для термообработки материалов (упрощенный)	33
Расчет установки для предпосевного прогрева и сушки зерна ИК излучением.....	35
Список использованных источников	37
Приложение	38

Введение

Оптическое излучение является разновидностью электромагнитных колебаний. В шкале электромагнитных волн оптическая часть занимает значительную часть с длинами волн от 1 нм до 1 мм. В длинноволновой части спектра оптическое излучение граничит с ультракороткими радиоволнами, в коротковолновой – с рентгеновским излучением.

Ультрафиолетовое (УФ) излучение занимает участок спектра от 1 нм до 0,4 мкм и делится на области УФ-А (0,315 ...0,4 мкм), УФ-В (0,28...0,315 мкм) и УФ-С (1 нм...0,28 мкм). Эти области принято называть соответственно мутагенной, терапевтической или витальной (эритемной) и бактерицидной.

Небольшой участок в средней части спектра занимает видимое излучение с длинами волн 0,38...0,76 мкм.

Основную часть оптической области занимает инфракрасное (ИК) излучение. Весь диапазон инфракрасного излучения принято разделять на три области: ИК-А (0,76...1,5 мкм), ИК-В (1,5...3 мкм) и ИК-С (3 мкм...1 мм).

По своей природе каждая часть оптического спектра по-разному воздействует на живые организмы.

Исследования показывают, что видимое излучение играет важную роль в регулировании обмена веществ у животных. При высоких уровнях освещенности (200...300 лк) увеличивает содержание кальция, гемоглобина в крови и фосфорно-кальциевых солей в костях, производительность труда работающих возрастает на 10...15%, травматизм снижается на 5...7%, улучшается общая культура сельскохозяйственного производства /1/.

Инфракрасный обогрев сельскохозяйственных животных и птицы в начальный период выращивания повышает сохранность и продуктивность молодняка. Действие излучения основывается на поглотительной способности кожи животных, зависящего от влажности, густоты шерстного и пухоперьевого покрова и пигментации. Механизм действия ИК лучей основывается на проникновении их на некоторую глубину. Длинноволновое излучение с длиной волны более 1,4 мкм поглощается поверхностными слоями кожи, что ведет к расширению кровеносных сосудов и увеличению скорости кровотока. Коротковолновое излучение с длиной волны 0,76...1,4 мкм проникает на глубину 2,5...8 мм, поглощается тканями и преобразуется в тепловую энергию. Повышение температуры ткани способствует ускорению химических реакций и происходящих там биологических процессов, что повышает обмен веществ, улучшает питание тканей, ускоряет рассасывание и удаление патологических продуктов /2-4/.

Ультрафиолетовое излучение – необходимый фактор внешней среды. Поэтому при содержании животных и птицы в закрытых помещениях у них возникает «ультрафиолетовое голодание», которое ослабляет иммунологические свойства организма и вызывает авитаминоз, функциональные расстройства нервной системы и другие отрицательные явления. Уф излучение благотворно действует на организм животных и птицы при облуче-

нии определенными дозами. Оно улучшает дыхание, кровообращение, повышает содержание гемоглобина в крови, активизирует деятельность внутренне секреции и образование витамина Д₃, что способствует лучшему усвоению солей кальция, калия и других микроэлементов, укрепляет нервную систему, ускоряет рост, снижает заболеваемость. УФ излучение действует через фотохимические реакции, происходящие в кожных покровах, слизистых оболочках и органах зрения. Кроме этого УФ излучение образует в воздухе озон, окислы азота, аэроионы положительно влияющие на организм животных и птицы /2,6/. Доказано, что наиболее перспективно использование ИК обогрева в комплексе с УФ облучением. Их совместное воздействие позволяет получить результаты, недостижимые при воздействии каждого фактора в отдельности. Внедрение установок ИК обогрева и УФ облучения позволяют увеличить сохранность молодняка до 98% и получить привес до 20%, позволят снизить отход молодняка на 10...15%, /1/.

Применение установок УФ-С облучения помимо дезинфицирующего и дезодорирующего действия способствует улучшению ионного состава воздуха, снижает концентрацию сероводорода и двуокиси углерода. Преимущество УФ-С излучения перед другими химическими и физическими дезинфицирующими средствами заключается в том, что оно сочетает в себе высокую дезинфекционную активность с полным отсутствием токсического действия. Применение совместного эритемно-бактерицидного облучения позволяет повысить продуктивность на 20%, привес телят на 10%, надой коров на 15%, снижает простудные заболевания /5/.

Основные показатели технологической эффективности от облучения растений, животных и птицы представлены в таблице 1. /3/

Расчет фитооблучательных установок

Применение облучательных установок при выращивании растений в защищенном грунте позволяет повысить урожайность на 15...40 % и сократить срок выращивания на 10...12 дней /6,7,8/. На физиологические процессы растений наибольшее влияние оказывает оптическое излучение (ОИ) с длинами волн 400...700 нм. Это ОИ получило название фотосинтетически активной радиации (ФАР). Для генерирования ОИ в области ФАР используются газоразрядные лампы, технические характеристики которых приведены в таблице 2.

Полноценное развитие растений возможно только при обеспечении требуемого уровня искусственной облученности, учитывающего условия естественной облученности. Для средних широт европейской части России при выращивании рассады овощных культур уровень искусственной облученности в области ФАР должна быть не менее 25 Вт/м² для огурцов и 30 Вт/м² для томатов (6,5 и 7,5 тыс. лк или 8,5 и 10 фит/м² соответственно (табл. 3) / 7 / Овощи, выращенные в теплицах при низкой облученности (менее 6 тыс. люкс), как правило, имеют пониженное содержание витами-

нов, органических кислот, минеральных солей и сухого вещества при значительном накоплении нитратов / 8 /.

Таблица 1
Технологический эффект от облучения растений, животных и птицы

Объект облучения	Технологический Эффект	Величина эффекта при длине волны %			Совместное эритемное и инфракрасное излучение. %
		Видимое излучение 380-760 нм	Инфракрасное излучение 760нм-1мм	витальное облучение 280-320 нм	
коровы	Жирность молока, удои	0,2 7..14	-	13	15
телята	Привесы, сохранность	7...12 15...20	7 6...8	7...13	10
свиньи	Плодовитость, Привесы	5...25 6...10			
поросята	Привесы, сохранность	13...27 9.7	6.5 8...10	4...10	20 98
Куры и цыплята	Привесы, сохранность и яйценоскость	8,6 8,8	4,2 7,0	4...11 10...15	3,7
Ягнята	Привесы, Сохранность		4,6 7.6		
Утята	Привесы, Сохранность		2 4		
Индюшата	Привесы, Сохранность		8,5 3,3		
Крольчата	Привесы, Сохранность		8 4...7		
Зерно	Урожайность, созревание		10...14 Ускоряется на 3...5 дней	5...20	
Картофель	Урожайность	7...25			

Продолжительность облучения рассады для 0...3 световых зон – не менее 12...16 ч/сут, для 4...6 световых зон – до 12 ч/сут (табл. 4). Общее время облучения рассады огурцов – 30...40 суток, томатов – 45...50 суток / 7 /.

Уровень облученности растений в фазе плодоношения несколько выше и должен быть не менее: для огурцов 40 Вт/м², томатов 48 Вт/м² в области ФАР. Продолжительность облучения огурцов 12...14 ч/сут, томатов 14...16 ч/сут / 7 /. и сухого вещества при значительном накоплении нитратов / 8 /. Для облучения рассады в теплицах используются обычные люминесцентные лампы, лампы с высокой фотосинтетической эффективностью излучения ЛФ-40-1, ЛФ-40-2, лампы высокого давления типа

ДРЛ, ДРЛФ, ДНаТ, ДРИ, ДМ4. В фитотронах и вегетационных климатических камерах применяют лампы ДРФ-1000, ДРФ-2000, ДНаТ-400, ДКСтЛ-10000, ДКСтВ-10000, ЛФР-150.

Таблица 2

Источники оптического излучения для светокультуры растений

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Напряжение лампы, В	Световой поток, клм	Поток в области ФАР, Вт	Фитопоток, ФТ	Срок службы, ч
ЛФ 40-2	40	220	103	1,6	7,0	4,5	5000
ДнаТ 400	400	220	125	50	120	62	15000
ДРЛФ 400	400	220	135	10,5	30,2	18	7000
ДРИ 400-6	400	220	130	33	114,5	60	3000
ДРИ 1000-6	1000	380	230	90	303	160	3000
ДРИ 2000-6	2000	380	230	200	660	310	2000
ДРИ 3500-6	3500	380	230	350	1000	540	1500
ДРФ 1000	1000	220	135	55	200	90	2000
ДРОТ 2000	2000	380	210		332	220	3000
ДМЗ 3000	3000	380/220	105	270	963	500	1500
ДМ4 6000	6000	380/220	-		2000	1000	-
ДКСтЛ 10000	10000	220	220	240	1300	645	1000

Таблица 3

Рекомендуемые режимы облучения растений

Вид растений	рассада огурцов	Рассада томатов	огурцы	Томаты	редис
Фитооблученность, фит/м ²	8,5	10	12	16	10

В настоящее время для облучения рассады и взрослой культуры в ангарных теплицах все больше применяется облучательная установка типа УОРТ-1-6000, которая состоит из облучателя ОТ-6000 с трехфазной лампой ДМ4-6000. Применение трехфазной металлогалогенной лампы ДМ4-6000 позволило осуществить симметричную нагрузку фаз сети, снизить более чем в три раза массу ПРА, в сравнении с облучателем типа ОТ-400./9 /.

Расчет облучательной установки для теплицы выполняется, как правило, точечным методом в следующей последовательности:

1. Выбирают облучатель и лампу по табл. 2, 5.
2. Выбирают фитооблученность E_f , фит/м² и режим облучения. по табл. 3,4.
3. Выбирают расчетную высоту h_p облучателя. Для маломощных ламп $h_p = 0,2...0,7$ м, для мощных $h_p = 1,5...4$ м.

Таблица 4

Рекомендуемая продолжительность облучения рассады

Рекомендуемые режимы облучения рассады, Период вегетации	Огурцы		Томаты	
	Продолжительность облучения в сутки	Количество дней	Продолжительность облучения в сутки	количество дней
Всходы	24	2...3	24	2...3
Сеянцы	-	-	16	10...12
Рассада до расстановки	16	10...12	16	12...15
Рассада после расстановки	14	10...12	14	20...25

4. Определяют расстояние между облучателями. Облучатели размещают над облучаемой поверхностью равномерно. Наиболее распространенным вариантом размещения облучателей является размещение по вершинам квадратов. Сторона квадрата определяется по формуле

$$L = h_p \cdot I \quad (1)$$

где I - наивыгоднейшее относительное светотехническое расстояние между облучателями; $I = 1,4$ для косинусного светораспределения.

5. Определяют количество облучателей по длине и ширине грядки. При условии, что расстояние от края грядки до облучателя равно половине расстояния между облучателями

$$N_A = A/L; \quad N_B = B/L, \quad (2)$$

где A и B - длина и ширина грядки, соответственно, м.

6. На план теплицы наносят облучатели с указанием их размещения. Выполняют проверочный расчет величины облученности в контрольных точках с предполагаемой максимальной и минимальной облученностями;

$$\varepsilon_i = \frac{I_{ai}^{1000} \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_p^2}, \quad (3)$$

где I_{ai}^{1000} - Сила излучения в рассматриваемой точке от i -того облучателя со световым потоком в 1000 лм; (табл.6).

Необходимо учитывать те облучатели облученность от которых составит не менее 10...20 % от ближайшего облучателя.

7. Рассчитывают фитооблученность по формуле

$$E_{\text{ФР}} = \Phi_{\text{Ф}} \cdot \mu \cdot \frac{\sum \varepsilon_i}{1000}, \quad (4)$$

где Φ_{ϕ} – фитопоток выбранного облучателя, фит (табл. 2).

$\mu = 1,1 - 1,2$ - коэффициент, учитывающий вклад фитооблученности от удаленных облучателей /10,11/.

8. Определяют коэффициент неравномерности облученности

$$Z = \frac{E_{\phi \min}}{E_{\phi \max}},$$

где $E_{\phi \min}$, $E_{\phi \max}$ – минимальная и максимальная облученности в контрольных точках. Коэффициент неравномерности должен быть $Z \geq 0,8$

9. Сравнивают расчетную и табличную облученности

$$-10\% \leq \frac{E_{\phi P} - E_{\phi}}{E_{\phi}} \cdot 100\% \leq 20\% .$$

10. Если облученность меньше этих значений, то необходимо уменьшить высоту и повторить расчет. При большем значении облученности следует увеличить высоту.

Расчетные данные сводят в таблицу 7.

Таблица 5

Технические характеристики тепличных облучателей

Тип облучателя	Тип лампы	Мощность, Вт	КПД, %	COS j	Примечание
От 400	ДРЛФ 400	400	90	0,5	Выпускается с индуктивными и индуктивно-емкостными балластами
От 1000	ДРФ 1000	1000	90	0,55	Только с индуктивным балластом
От 2000	ДРОТ 2000	2000	70	0,6	Способ крепления а тросе
От 6x40	ЛФ 40	40	-	0,55	
УОРТ	ДМ 4-6000	6000	-	0,6	Трехфазная лампа
ЖСП 18-400	ДНаТ 400	400	-	0,6	
ГСП 26	ДРИ 400-5	400	70	0,5	Кривая силы излучения «Д»
	ДРИ 1000-5	1000			
«Светотрон»	ДРИ 2000-6	2000	80	0,6	Для установки в климатических камерах и шкафах
ФОТОС-1	ДРИ 1000-6	1000	75	0,85	
ФОТОС-4	ДРИ 2000-	2000	75	0,85	
ФОТОС-6	ДРИ 3500-6	3500	75	0,85	Для установки на стеллажах

11. Время работы облучательной установки определяют как разность продолжительности облучения культуры и светового дня.

Таблица 6

Светотехнические характеристики тепличных облучателей (отнесенные к потоку лампы 1000 лм)

α , град	Сила света облучателей, КД						
	ОТ 400	ГСП 26	ЖСП-18	ОТ 1000	ОТ 2000	ОТ 6000	ФОТОС
0	164	252	122	145	600	180	133
5	175	247	12	145	560	170	133
15	180	242	180	150	540	157	133
25	190	233	192	161	465	152	131
35	195	213	189	172	405	150	130
45	179	174	195	180	225	146	122
55	156	116	160	150	120	140	110
65	117	58	80	141	0	132	82
75	78	19	40	82	0	115	50
85	0	0	0	34	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 7

Результаты расчета фитооблученности

Номер контрольной точки	Номер облучателя	d, м	α^o	I_a^{1000}	$\cos^3 \alpha$	e, лк	$\sum \varepsilon$, лк
A	Суммарная Облученнос						
B	Суммарная Облученнос						

Бактерицидные облучательные станочки

Бактерицидные облучательные установки применяются для обеззараживания воздуха в помещениях, оборудования, при стерилизации воды, тары, продуктов, ограждающих конструкций, почвы и т. д. /3,10-17/.

Обеззараживание воздушной среды и поверхностей в помещениях производят либо направленным потоком излучения бактерицидных ламп, либо отраженным от потолка и стен, или одновременно направленным и отраженным потоками.

Для обеззараживания жилых и общественных помещений режим облучения может быть непрерывным, повторно-кратковременным и однократным. Непрерывный режим, как правило, используется в течение всего рабочего дня, при этом заданный уровень бактерицидной эффективности должен устанавливаться за время не более 2 часов с момента включения ламп с тем, чтобы поддерживать этот уровень постоянно в соответствии с

кратностью воздухообмена. При повторно-кратковременном режиме время одного облучения не должно превышать 25 минут, при условии, что за этот промежуток времени достигается заданный уровень бактерицидной эффективности, а интервал между очередными облучениями не должен превышать 2 ч. / 15 /.

Однократный режим облучения применяется, когда надо за короткий промежуток времени обеспечить обеззараживание рабочей поверхности или воздушного объема помещений, при этом время облучения не должно превышать 15 минут / 15 /. Для обеззараживания производственных помещений или стерилизации продукта расчет выполняется в такой последовательности:

1. Установить исходные данные: производительность облучательной установки (ОБУ) и её размеры, скорость перемещения обрабатываемого продукта, время его нахождения в установке, t.

2. Определить бактерицидную облученность (минимальную, но достаточную для гибели бактерий с определенной эффективностью) по формуле

$$E_B = \frac{-k \cdot \ln \frac{n}{n_0}}{t}, \quad (5)$$

где n_0 , n - фактическое и предельно допустимое число микроорганизмов (табл. 8), /3/.

k - коэффициент сопротивляемости микроорганизмов бактерицидным лучам, бк.с/м² (табл. 9), /3,15/;

t – время облучения, с.

Таблица 8

Число микроорганизмов в животноводческих помещениях и в обрабатываемой среде

Наименование помещения или обрабатываемая среда	Количество микроорганизмов, шт/м ³	
	Фактическое	Предельно допустимое
Коровник	90 10 ³ ... 3,2 10 ⁶	50 10 ³ ... 70 10 ³
Телятник	90 10 ³ ... 3,2 10 ⁶	40 10 ³ ... 70 10 ³
Свинарник	90 10 ³ ... 3,2 10 ⁶	40 10 ³ ... 80 10 ³
Овчарник	≈ 100 10 ³	50 10 ³ ... 70 10 ³
Птичник	20 10 ⁶ ... 26 10 ⁶	10 10 ³ ... 300 10 ³
Вода	До 2 10 ⁶	1 10 ³ ... 3 10 ³
Приточный воздух	49 10 ³ ... 100 10 ³	3 10 ³ ... 7 10 ³

3. Вычислить расчетную бактерицидную облученность

$$E_{БР} = E_B \cdot e^{-a \cdot t}, \quad (6)$$

где a - коэффициент ослабления бактерицидного потока средой, (табл. 10), 1/м.

I – кратчайшее расстояние от источника до расчетной точки, м.

$e^{-aI} = \tau_{БК}$ – коэффициент пропускания средой.

Таблица 9

Коэффициент сопротивляемости микроорганизмов бактерицидному потоку при эффективности 99,9 % / 15,3 /.

Микроорганизмы	Коэффициент сопротивления, бк•с/м ²		
	в воде	в воздухе	
		90%	99,9%
Палочка Коли	24	30	66
Стрептококки	-	33	38-55
Сальмонелла	-	80	76-152
Споры грибов	190	120-1800	360-3300
Дизентерийная палочка	-	16	42
Стафилококки	41	21	57-66
Золотистый стафилококк	-	49	66

Таблица 10

Значения коэффициентов ослабления для некоторых сред

Среда	Источник или помещение	Коэффициент ослабления, 1/м
Вода	Поверхностный источник (река, озеро). Родник, колодец, Артезианский колодец.	20...30
		15
		10
Воздух	Животноводческое или птицеводческое помещение. Сухое непыльное помещение Сырое помещение	0,1...0,3
		0,05 0,07
		до 0,3

4. Выбрать тип облучателя и источник бактерицидных лучей. Выбор того или иного облучателя зависит от технологии обработки и размеров установки. Для обеззараживания воды в открытых установках применяют лампы типа ДБ. Для увеличения эффективности использования бактерицидного потока сверху ламп устанавливают отражающий экран. Для обеззараживания воздуха в помещениях и тары применяют облучатели типа ОБУ с лампами ДБ (см. табл. 11), для облучения воздуха в воздуховодах и воды в закрытых установках применяют лампы ДБ, ДРТ и ДРШ без отражателей (рис. 1).

5. Разместить облучатели. Для обеззараживания воздуха в помещении и тары для продуктов облучатели размещают по вершинам квадратов.

Расстояние между облучателями L рассчитывают по формуле

$$L = (1,2 \dots 1,4) h_p.$$

Конструкции бактерицидных облучательных установок:

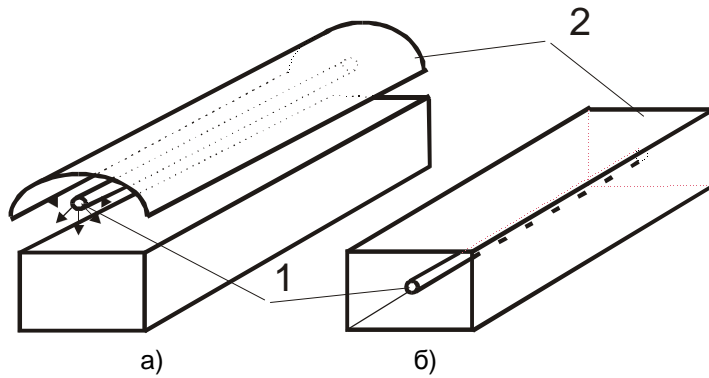


Рис 1

В условиях, где источник находится в обрабатываемой среде, размещение облучателей производят в несколько этапов. На первом этапе считают, что все бактерицидные источники будут находиться на продольной оси симметрии установки (рис. 1б), а для крупных воздуховодов в несколько параллельных линий из расчета одна линия на $0,5 \text{ м}^2$ поперечного сечения / 3 /.

6. Рассчитать мощность облучательной установки. При расчете учитывают, что бактерицидные лучи сильно поглощаются ограждающими конструкциями (см. табл 12), поэтому эти установки следует рассчитывать точечным методом. В большинстве случаев длина источников больше половины расчетной высоты, следовательно бактерицидный поток Φ_B следует рассчитывать по методике, разработанной для линейных источников –

Для ламп без отражателя:

$$\Phi_B = \frac{2 \cdot E_{БР} \cdot h_P \cdot p^2 \cdot L}{\cos^2 g \cdot (a + \frac{1}{2} \sin 2a)} ; \quad (7)$$

для ламп, помещенных в облучатели

$$\Phi_B = \frac{2,4 E_{БР} \cdot h_P \cdot p^2 \cdot L}{\cos^2 g (a + \frac{1}{2} \sin 2a)} , \quad (8)$$

где L – длина лампы или группы ламп, установленных в ряд (рис. 2),

Таблица 11

Основные технические характеристики бактерицидных облучателей

Тип	Основное назначение	Вид облучателя	Конструктивное исполнение	Тип лампы	Число ламп		Потребляемая мощность, В А	Потребляемая активная мощность, P _A Вт
					открытые	Экранированные		
ОБПе-450	Обеззараживание воздуха в помещении в отсутствии людей	Открытый	Передвижной	ДБ 30	6	-	475	200
ОБН-150	Обеззараживание воздуха в помещении и в присутствии людей	Комбинированный	Настенный	ДБ 30	1	1	100	70
ОБН-36	-«-	-«-	-«-	ДБ 36	1	1	120	80
ОБП-300	-«-	-«-	Потолочный	ДБ 30	2	2	200	140
ОБП-36	-«-	-«-	-«-	ДБ 36	2	1	180	125
ОБРНП-30Э	-«-	-«-	-«-	ДБ 30Э	1	1	100	70
ОБРП-30Э	-«-	Открытый	Передвижной	ДБ 30Э	6	-	475	200

Таблица 12

Значения коэффициента отражения полированных металлов, %

Длина волны, нм	Металл			
	Алюминий	медь	Сталь	цинк
188	-	-	22	17
200	-	-	27	22
251	80	26	38	39
305	-	25	44	43
357	84	27	50	51
500	88	44	58	55
600	89	72	57	58
700	87	83	58	61
800	85	89	89	62
1000	93	93	90	69
5000	94	94	99	97
10000	97	97	98	-

α - угол между перпендикуляром, опущенным из расчетной точки на лампу, и линией, соединяющей расчетную точку с краем лампы;

γ - угол между нормалью к поверхности, на которой находится расчетная точка, и падающим лучем (рис.2).

К расчету бактерицидных установок

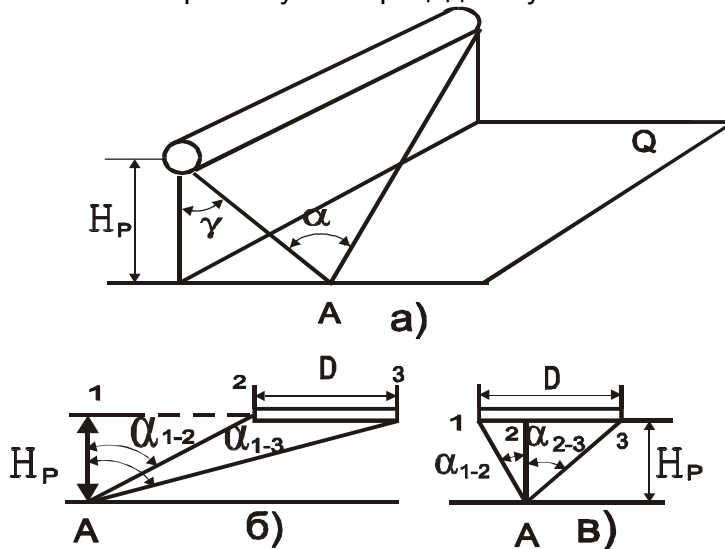


Рис. 2

Приведенные формулы справедливы для случаев, когда расчетная точка находится против торца лампы или линии (группы ламп, установленных в линию). Если расчетная точка находится за линией (рис. 2б) или внутри линии (рис. 2в), то поток рассчитывается по этим же форму-

лам, но в первом случае линию условно продолжают до расчетной точки:

$$\Phi_B = \Phi_{B13} - \Phi_{B12};$$

во втором – разрывают на две части:

$$\Phi_B = \Phi_{B12} + \Phi_{B23},$$

где Φ_{B12} , Φ_{B13} , Φ_{B23} – бактерицидные потоки, создаваемые отрезками ламп 1-2, 1-3, 2-3.

По потоку ламп (табл. 13) определяют мощность лампы $P_{л}$. Если величина потока превосходит табличные значения, то необходимо выбрать несколько ламп:

$$n = \frac{\Phi_B}{\Phi_{БЛ}},$$

где $\Phi_{БЛ}$ – табличное значение бактерицидного потока одной лампы.

7. Зная количество и мощность ламп, следует уточнить их размещение и задачу решить вновь, начиная с п. 5.

8. Рассчитать фактическую облученность в расчетной точке. Для этого выражения (2) и (3) решают относительно $E_{БР}$ при табличных значениях Φ_B .

Таблица 13

Техническая характеристика ультрафиолетовых источников оптического излучения

Тип источника	Мощность, Вт	Напряжение, В	Потоки			Срок службы, ч
			Световой Лм	Эритемный, эр	Бактерицидный, бк	
ЛЭ-15	15	127	40	0,3	0,055	1500
ЛЭ-30	30	220	110	0,75	0,125	5000
ЛЭР-40	40	220	140	0,035	6	3000
ДБ-15	15	127	60	-	2	2000
ДБ-30	30	220	140	0,035	6	5000
ДБ-60	60	220	180	0,041	8	2000
ДРТ-250	250	220	5000	2,9	7,5	1000
ДРТ-400	400	220	8000	4,75	10,5	2500
ДРТ-1000	1000	220	32000	16,5	39,5	1200
ДРТ-2500	2500	220	90500	25,5	6900	3000
ДРТА-50	50	220	1000	1,68	0,8	1500
ДРВЭД-160	160	220	1200	0,35	-	1500
ДРТ-100	100	220	3200	1,65	3,9	500
ДРТ2-100	100	220	3200	1,65	-	500

9. Уточнить фактическое время обеззараживания по формуле (1).

10. Рассчитать мощность установки:

$$P_y = n \cdot 1,2P_{л},$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий потери мощности в балластном сопротивлении.

Для оценочного расчета установок при обеззараживании воздуха жилых и общественных зданий применяют методику по производительности и эффективности установки /15/.

Основные технические характеристики бактерицидных облучателей приведены в табл. 11.

1. Определяют необходимое количество облучателей в помещении

$$N_0 = V \cdot K_{\text{БК}} / (Q_0 \cdot t), \quad (9)$$

где V – объем помещения, м^3 ;

Q_0 – производительность установки, $\text{м}^3/\text{ч}$, значение которой берется из табл. 14;

t – время облучения, необходимое для обеспечения заданного уровня бактерицидной эффективности;

$K_{\text{БК}}$ – вспомогательный коэффициент.

$$K_{\text{БК}} = H / H_{\text{ст}}, \quad (10)$$

где H – доза, соответствующая виду микроорганизма и уровню бактерицидной эффективности, $\text{Бк с}/\text{м}^2$;

$H_{\text{ст}}$ – доза, количество бактерицидной энергии для уничтожения данного вида микроорганизмов, соответствующая такому же уровню бактерицидной эффективности для санитарно-показательного микроорганизма золотистого стафилококка (см. табл.9).

Производительность установки Q_0 при любом значении бактерицидной эффективности $J_{\text{БК}}$ можно определить из соотношения /15/

$$Q_0 = (-) \frac{\Phi_{\text{ЛБК}} \times 3600}{Z \times \ln(1 - 10^{-2} J_{\text{БК}})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (11)$$

где $\Phi_{\text{ЛБК}}$ – суммарный бактерицидный поток ламп, бк;

Z – экспериментальный коэффициент, $\text{Дж}/\text{лм}^3$ (см. табл 14).

2. Определяют удельную производительность установки, $\text{м}^3/(\text{Вт}\cdot\text{ч})$

$$h_{\text{уд}} = Q_0 / P, \quad (12)$$

где P – активная мощность облучателей, Вт.

Таблица 14

Основные излучательные и экономические параметры промышленных бактерицидных облучателей

Тип	Суммарный бактерицидный поток ламп, Ф _{Бл} , бк	КПД, %	Облученность на рассеянии 1 м от облучателя, бк/м ²	Производительность, Q ₀ м ³ /ч при бактерицидной эффективности J _{БК} , %			Коэффициент Z, Дж/м ³
				90	95	99,9	
ОБПе-450	36	-	2,5	900	692	450	62
ОБН-150	12	0,6	0,75	159	123	79	117
ОБН-36	21	0,65	1,25	239	215	140	117
ОБП-300	24	0,6	1,5	600	460	300	62
ОБП-36	31,5	0,65	1,88	788	605	394	62
ОБРНП-30Э	12	0,8	1,0	302	233	151	62
ОБРП-30Э	36	0,8	2,0	900	690	450	62

Расчет установок для обеззараживания воды

Для обеззараживания воды возможно применение как открытых так и погружных облучательных установок.

Расчет облучательных установок открытого типа (рис.3а) производится в следующей последовательности:

1. Определяются с исходными данными – количеством воды, облучаемой в единицу времени П, м³/ч; коэффициентом поглощения воды а, в зависимости от источника водоснабжения, 1/м (табл. 10); коэффициентом сопротивляемости бактерий k, находящихся в воде (табл. 9); начальной n₀ и конечной n концентрацией микроорганизмов в единице объема (начальная концентрация в 1 литре n₀ = 2000, конечная n = 1).

2. Определяют коэффициент использования потока ламп h_л по формуле /16/

$$h_{л} = \frac{a_{л} + r_{э} (360^{\circ} - a_{отр})}{360}, \quad (13)$$

где a_л - угол падения потока излучения от лампы на облучаемую поверхность;

a_{отр} - угол падения потока излучения на экран. Принимается

$$a_{л} = a_{отр} = 135^{\circ};$$

r_э - коэффициент отражения экраном бактерицидного потока (табл.12).

3. Определяют коэффициент ослабления бактерицидного потока в слое воды

← Формат: Список

$$h_B = 1 - e^{-ah}, \quad (14)$$

где a - коэффициент поглощения воды, 1/см;
 h - толщина слоя воды, см.

$$\text{Толщина слоя воды } h = \ln(1 - h_B) / a, \quad (15)$$

Глубина потока принимается такой, чтобы значение $h_B = 0,9$.

4. Рассчитывается необходимый бактерицидный поток

$$\Phi_B = - \frac{\Pi \times a \times k \times \lg \frac{n}{n_0}}{1563,4 \times h_B \times h_{II}} \quad (16)$$

5. Выбирают для облучения бактерицидные лампы и определяют их количество

$$N = \Phi_B / \Phi_{Бл}$$

где $\Phi_{Бл}$ - бактерицидный поток лампы,

6. Рассчитывают глубину потока воды по формуле (4) из условия, что $h_B = 0,9$.

7. Принимают скорость воды в лотке $U = 0,3$ м/с, необходимой для хорошего перемешивания, и определяют ширину лотка b_1 (см. рис.3а.)

$$b = \frac{\Pi}{hu3600}. \quad (17)$$

8. Ширину установки b_0 принимают равной длине светящейся части лампы, расстояние между лампами b_1 принимают из условия

$b_1 \geq 4d$, где d - диаметр лампы.

9. Определяют количество лотков в установке $n = b_0 / b$.

Витальные (эритемные) облучательные установки

Ультрафиолетовые витальные (эритемные) облучательные установки рекомендуются предусматривать во всех вновь строящихся и реконструируемых животноводческих и птицеводческих помещениях / 3 /.

Под действием ультрафиолетового (УФ) излучения в коже животных и птиц провитамин Д преобразуется в активный витамин Д₃, что повышает усвоение солей кальция, калия и других микроэлементов. В результате этого повышаются привесы телят на 7...13%, поросят на 4...10%, цыплят на 4...11% / 10,11./, яйценоскость кур на 10...15%,

К расчету установок для обеззараживания воды открытого а) и погружного б) типа

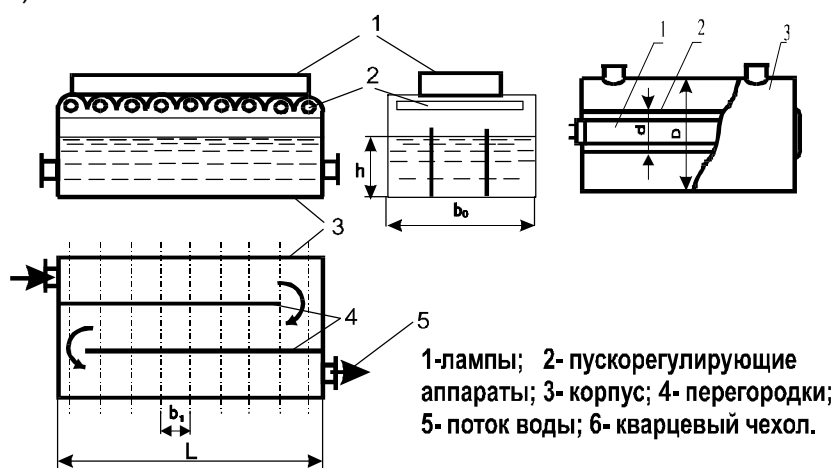


Рис. 3

увеличивается сохранность молодняка.

Основным условием эффективного воздействия УФ-излучения на животных и птицу является строгое соблюдение рекомендуемых доз облучения. Излишняя доза может оказать угнетающее или губительное действие, недостаточная - не вызывает положительный эффект. Доза облучения зависит от вида и возраста животных (см. табл. 15).

Облучение животных и птицы проводится стационарными, переносными (передвижными) и подвижными (самоходными) облучателями и установками.

Стационарные установки рекомендуется использовать для облучения животных при беспривязном содержании животных и при напольном содержании птицы, переносные - для облучения небольших групп животных, тары, посуды, а так же инкубационных яиц и молодняка птицы в первые дни после вывода, подвижные - для облучения коров при привязном содержании и птицы, содержащейся в многоярусных клетках. Из-за различия в принципах работы подвижных и стационарных облучательных установок методика расчета их различна.

Расчет стационарных облучательных установок

Эритемные облучатели принимаются за точечные излучатели, если длина облучателя меньше 0,2 расстояния до облучаемой точки, и за линейные излучатели, если больше этой величины / 17 /.

Таблица 15

Режим облучения животных

Вид и возрастная группа	Суточная доза, эр/м ²	Предельно допустимая облученность, эр/м ²	Предельно допустимая неравномерность облучения	Длительность облучения, ч	Минимальная расчетная высота, м	Режим облучения
Быки и коровы	970 ...1060	0,93	0,74	До 11	1	2 раза в сутки по 0,5 дозы
Телята старше 6 мес.	570 ...650	0,57	0,78	До 9	1,5	то же
Телята до 6 мес.	430 ...500	0,43	0,74	До 8	1,5	то же
свиньи	290 ...325	-	0,74	До 7	1,5	то же
поросята-отъемыши	216 ...288	0,23	0,66	До 6	1,5	то ж
Поросята-сосуны	72 ...90	0,083	0,66	До 3	1,5	3 раза в сутки по 0,33 дозы
Куры	72 ...90	0,075	0,64	До 6	2	Циклами: 10 дней облучения, 10 дней перерыва
Цыплята	54 ...72	0,058	0,64	До 3	2	В 1-ю пятидневку-0,25, во 2-ю-0,5, в 3-ю-0,75, далее по полной дозе
Овцы	880 ...940	0,93	0,74	До 10	1,5	ежедневно
ягнята до отбивки	790 ...860	0,93	0,74	До 10	1,5	десять дней облучения, десять дней перерыва

Расчет облученности для точечных излучателей производится точечным методом, что обусловлено необходимостью определения максимального и минимального значения облученности, а также низкими значениями коэффициентов отражения УФ-лучей от потолка и стен.

Расчет облученности для точечных излучателей производится в следующей последовательности:

1. Установить исходные данные: возраст животных, способ их содержания, размеры площади, занятой животными, высоту помещения;
2. Выбрать дозу эритемного (витального) облучения H_d , зависящей от вида и возраста животных и способа их содержания. Численные значения суточной дозы приведены в таблице 15, /3/;
3. Принять расчетную высоту (см. Табл.15). Под расчетной высотой понимается расстояние от облучателя до уровня спины животных (см. рис. 4);
4. Выбрать тип облучателя. Технические характеристики облучателей и источников излучения приведены в таблицах 16. Для стационарных эритемных облучательных установок целесообразно использовать облучатели ЭО1-30М, ОЭ -1, ОЭ-2, ОЭСР02;
5. Определить расстояние между облучателями. Облучатели размещаются над облучаемой поверхностью равномерно (см. рис. 4). Наиболее распространенным вариантом размещения облучателей является размещение по вершинам квадратов. Сторона квадрата определяется по формуле

$$L = l \cdot h_p,$$

где l - относительное наиболее выгодное расстояние между облучателями. Для большинства облучателей $l = 1,2...1,4$;

6. Определить количество облучателей по формуле

$$n_a = \frac{A}{L}, n_b = \frac{B}{L}$$

где n_a - количество облучателей в ряду;

n_b - количество рядов облучателей;

A и B - длина и ширина облучаемой поверхности, м.

Рассчитать мощность облучательной установки точечным методом, что обусловлено малым коэффициентом отражения ультрафиолетовых лучей ограждающими поверхностями. Выбрать контрольные точки с предполагаемой максимальной и минимальной облученностями;

7. Определить облученность в контрольных точках как сумму облученностей, создаваемых каждым облучателем в данной точке:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} E_{\Sigma i}$$

Таблица 16

Техническая характеристика эритемных облучательных установок

Тип	Тип источника	Кол-во источников	Номин. Мощность, Вт	Число обслуживаемых животных или площадь, м ²	Скорость Перемещения, м/с	высота подвеса	Макс., длина обл. помещения	Размеры облучателя
ЭО1-30м	ЛЭ-30	1	40	2 коровы или 8..10 м ² площади	Стационарн.	2...2,5	-	1000x250x155
ОЭСП 02	ЛЭР 40 ЛБР 40	1	100	то же	То же	2..2,5	-	1350x685x190
ОБПе-450	ДБ30-1	6	200	Для помещений с людьми	Передвижная	напольная	450 м ³ /ч	
ОБН-150	ДБ30-1	2	70	Для помещений с людьми	Стационарн.	настенный	80 м ³ /ч	1000x250x155
ОБП-300	ДБ30-1	4	140	Для помещений с людьми	Стационарн.	потолочн.	300 м ³ /ч	
ОРК – 2 ОРК – 1	ДРТ 400	1	500	Небольшие группы животных	Передвижная	-	15	300x205x215
УО -4М	ДРТ 400	4	2000	100 коров	0.003	2...2,5	90 м	714x448x165
УОК-1	ДРТ 400	2	1500	20000 кур	0,012	до 2,2	-	1290x2163x830
ИКУФ 1М	ЛЭ-15	1	520	2 помета в свинарнике	Стационарн.	0,5...0,7	-	880x200x300
	ИКЗК 250	2						
Луч	ЛЭ 15	1	520	на 4 м ² площади	То же	0,5 0,7	-	520x400x245
	ИКЗК 250	2						
ОБУ-1-30	ДБ 30	1	40	один облучатель обеззараживает 0,35 м ³ воздуха в секунду	То же	-	-	1000x250x155
СОЖ –1	ДРТ-2-100	1	100	два помета в свинарнике или 4 м ²	То же	0,5...0,7	-	800x210x240
	ИКЗК 250	2	500					

Размещение облучателей в помещении

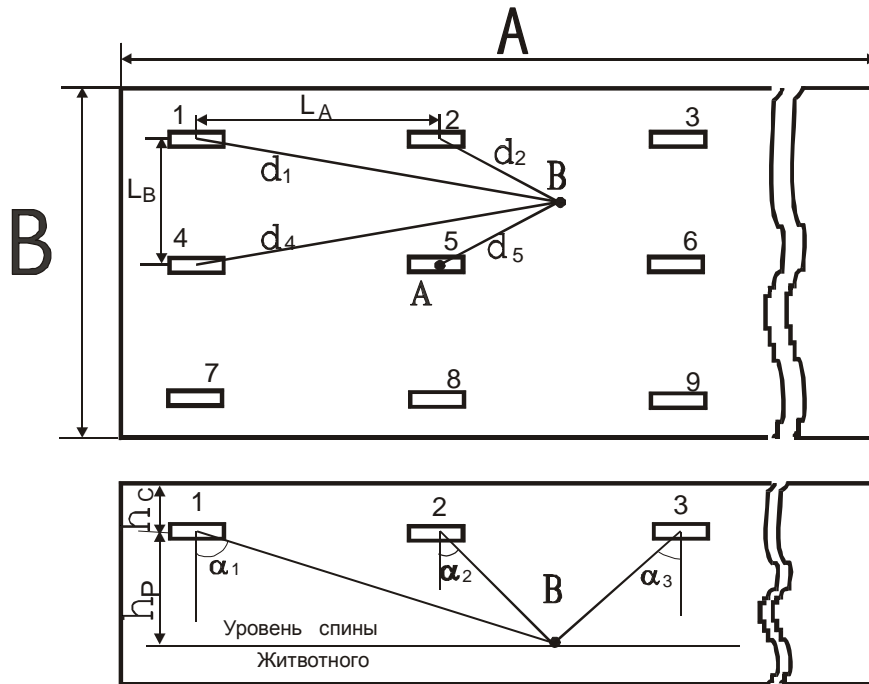


Рис. 4

где $E_{\text{э}}$ - суммарная облученность в контрольной точке;

$E_{\text{э}i}$ - облученность в этой точке, созданной i - облучателем:

$$E_{\text{э}i} = \frac{I_{\text{э}ai} \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_p^2}, \quad (18)$$

где $I_{\text{э}ai}$ - сила эритемного излучения i - того облучателя в данном направлении;

α_i - угол между вертикалью и линией, соединяющей i - тый облуча-

тель с контрольной точкой. Значения $I_{\text{э}ai}$ определяются по табл. 17

8 Рассчитать коэффициент неравномерности эритемной облученности по формуле

$$Z = \frac{E_{\text{э} \min}}{E_{\text{э} \max}},$$

где $E_{\text{Э min}}, E_{\text{Э max}}$ - минимальная и максимальная облученности.

Если в результате расчетов получилось, что $E_{\text{Э max}} > E_{\text{ПР}}$ или $Z < Z_{\text{ПР}}$, то все расчеты следует выполнить снова, изменив количество облучателей или расстояние между ними. Значения предельно допустимой облученности и предельно допустимой неравномерности облучения при ведены в таблице 15.

Таблица 17

Сила эритемного и бактерицидного излучения облучателей

Тип облучателя	Значение угла, град										Размерность
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	
УОРКШ, УО-4М	0,95	0,91	0,89	0,85	0,85	0,83	0,80	0,48	0	0	эр\ср
УОК-1	0,96	0,92	0,90	0,86	0,86	0,84	0,80	0,49	0	0	эр\ср
ОЭСР02	0,34	0,33	0,31	0,3	0,29	0,26	0,25	0,23	0,19	0,14	эр\ср
ЭО1-30	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,14	0,08	0,03	0	эр\ср
ОБУ1-15	0,36	0,64	0,57	0,63	0,61	0,63	0,54	0,45	0,35	0	бк\ср
ОБУ1-30	1,08	1,26	1,7	1,89	1,82	1,09	1,62	1,35	1,02	0	бк\ср

9 Рассчитать общую мощность установки

$$P = P_{\text{Л}} \cdot N,$$

где $P_{\text{Л}}$ - мощность одного облучателя (см. табл. 16).

10. Время работы облучательной установки

$$t = \frac{H'_{\text{Э}}}{H_{\text{Э max}}}, \quad (19)$$

где $H'_{\text{Э}}$ - суточная доза (табл. .15).

При расчете облучательной установки с линейными излучателями необходимо установить: производить расчет линейных излучателей как сплошную линию или по отдельности. При длине разрыва между облучателями

$L_{\text{P}} > 0,5h_{\text{P}}$ расчет производится как для отдельных линейных излу-

телей, в противном случае - как для сплошной линии. Расчет относительной облученности для линейных облучателей производится так же как и для относительной условной освещенности осветительных установок.

Расчет облученности в точке с координатами P , L и h (см. рис 5.) от линейного облучателя с разрывами (при $L_p < 0,5 h$) может быть проведен по выражению / 17 /

$$E = \frac{\Phi_{\Sigma} \sum \varepsilon}{(L_p + L_{\text{л}}) \cdot h \cdot 1000} \quad (20)$$

где Φ_{Σ} – эритемный поток лампы или линии ламп, мэр; L – длина лампы или линии ламп, м; L_p – длина разрыва, м; ε – относительная эритемная облученность, определяемая по табл. 18 при $L' = L/h$ и $P^3 = P/h$ (рис. 5 .

К расчету эритемных облучательных установок с линейными источниками

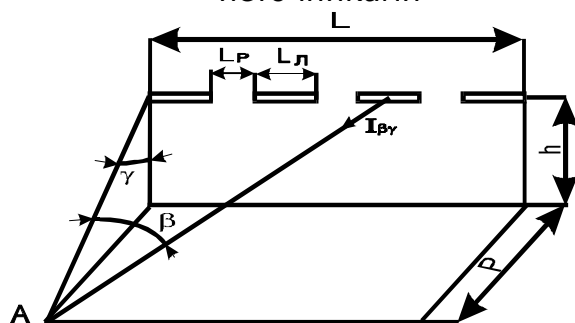


Рис. 5

Приведенные в табл. 18 значения относительной эритемной облученности ε даны для условия размещения расчетной точки против конца линий. Облученность других точек определяется путем разделения линии на части или дополнения её фиктивными отрезками согласно рис. 2 . При $L_p > 0,5h$ расчет облученности проводится как для отдельных линейных излучателей, т.е. при $L_p=0$.

Расчет подвижных облучательных установок

В подвижных установках облученность объекта непрерывно изменяется.

Подвижные облучательные установки применяются в случаях привязного или стойлового содержания животных. Пункты 1...3 выполняются так же, как и для стационарных установок, за исключением установки типа УОК. Для таких установок определяют высоту размещения над уровнем пола нижнего облучателя h_1 , Таблица 19

Таблица 18

Значения относительной эритемной облученности ϵ в горизонтальной плоскости, создаваемой линейным облучателем с лампой типа ЛЭ с условной силой излучения $I_0=100$ мэр и высотой подвеса над расчетной плоскостью $h=1$ м.

Отношение величины ρ к h	Отношение величины L к h												
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
0.0	0.0	19.49	36.27	49.08	58.132	64.27	68.39	71.18	73.08	74.41	75.36	76.04	76.55
0.2	0.0	18.29	34.31	46.58	55.33	61.32	65.38	68.12	70.03	71.36	72.30	72.99	73.51
0.4	0.0	15.65	29.40	40.23	48.17	53.75	57.61	60.27	62.14	63.46	64.41	65.11	65.63
0.6	0.0	12.37	23.43	32.43	39.26	44.23	47.78	50.30	52.09	53.39	54.34	55.04	55.57
0.8	0.0	9.37	17.91	25.07	30.72	35.00	38.17	40.49	42.19	43.44	44.37	45.07	45.61
1.0	0.0	6.98	13.44	19.02	23.58	27.17	29.92	32.00	33.58	34.77	35.67	36.36	36.89
1.2	0.0	5.19	10.06	14.37	18.01	20.97	23.32	25.16	26.58	27.69	28.54	29.21	29.73
1.4	0.0	3.89	7.58	10.92	13.81	16.23	18.21	19.81	21.08	22.09	22.84	23.52	24.03
1.6	0.0	2.96	5.78	8.38	10.68	12.66	14.32	15.69	16.81	17.72	18.45	19.05	19.53
1.8	0.0	2.28	4.47	6.51	8.35	9.97	11.35	12.52	13.50	14.31	14.98	15.54	15.99
2.0	0.0	1.78	3.50	5.12	6.61	7.93	9.09	10.09	10.94	11.66	12.27	12.77	13.20
2.2	0.0	1.41	2.78	4.09	5.29	6.38	7.36	8.21	8.95	9.58	10.12	10.59	10.98
2.4	0.0	1.13	2.24	3.30	4.29	5.19	6.01	6.74	7.38	7.94	8.42	8.84	9.20
2.6	0.0	1.92	1.83	2.69	3.51	4.27	4.96	5.59	6.14	6.63	7.06	7.44	7.77
2.8	0.0	0.76	1.50	2.22	2.91	3.54	4.13	4.67	5.15	5.59	5.97	6.31	6.61
3.0	0.0	0.63	1.25	1.85	2.43	2.97	3.47	3.93	4.36	4.74	5.08	5.38	5.65
3.2	0.0	0.53	1.05	1.56	2.05	2.51	2.94	3.34	3.71	4.05	4.35	4.62	4.87
3.4	0.0	0.45	0.89	1.32	1.74	2.14	2.51	2.86	3.18	3.48	3.75	4.00	4.22

верхнего облучателя h_2 и расчетную высоту h_p – кратчайшее расстояние от облучателя до вертикальной плоскости, в которой находится расчетная точка (рис.6а).

$$h_1 = 0,35l; \quad h_2 = 1,54l; \quad h_p = l + \frac{b_1}{2}, \quad (21)$$

где l – половина расстояния между клеточными батареями;

b_1 – ширина клеточной батареи, м.

К расчету подвижных облучательных установок типа УОК-1 (а) и УО-4 (б)

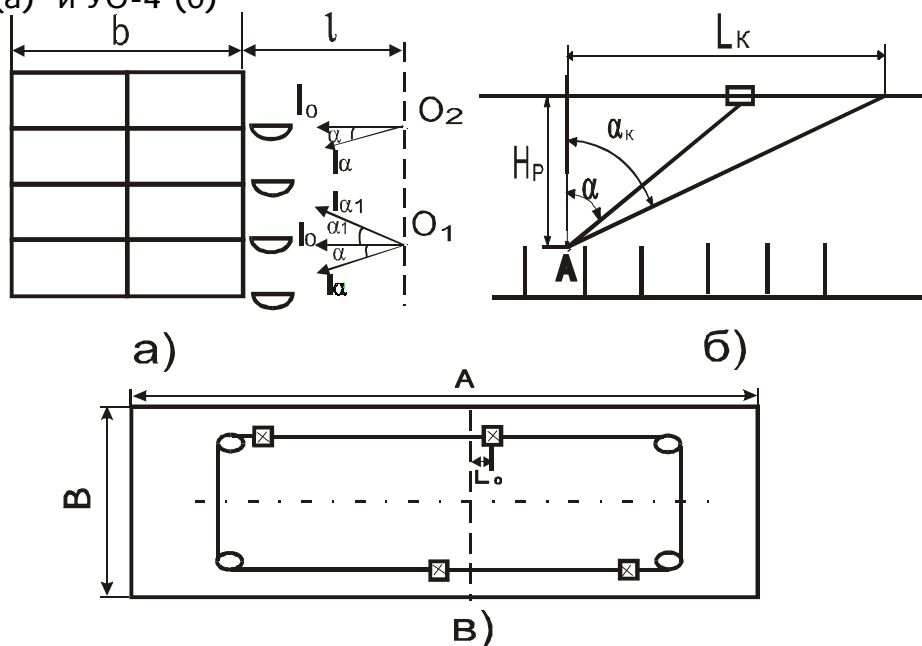


рис. 6

4. Выбрать тип облучателя: при клеточном многоярусном содержании птицы применяют установку УОК-1М, а для птицы и животных, содержащихся на полу УО-4М. Размещение установки УО-4М в помещении представлено на рис. 6в.

5. Рассчитать количество проходов облучателя над спиной животного (как для расчетной точки).

За время одного прохода облучателя количество энергии рассчитывается по формуле /3/

$$H_3 = \frac{I_{a0}}{h_p \times V} \left(a_k + \frac{1}{2} \text{Sin}2a_k \right), \quad (22)$$

где α_k - угол (в радианах) между вертикалью и направлением силы излучения в расчетную точку для самого крайнего положения облучателя (рис. 6б),

V – скорость передвижения облучателя, м/с;

I_{a0} - сила излучения облучателя при $\alpha = 0^0$, эр/ср (табл. 17).

h_p - расчетная высота, м;

Количество проходов установки определяется по формуле

$$n = \frac{H'_э}{H_э}, \quad (23)$$

Инфракрасные облучательные установки

Инфракрасные облучательные установки используются для обогрева молодняка животных и птицы, сушки овощей, фруктов, лакокрасочных покрытий, для предпосевной обработки семян зерновых и овощных культур, дезинсекции и пастеризации молока.

Для местного обогрева молодняка животных и птицы выпускаются установки ССП01-250, ОРИ-1, ОРИ-2, ОВИ-1, «ЛатВИКО», БП-1, ИКУФ, «Луч». Технические характеристики ИК облучателей приведены в табл. 19. Несмотря на значительное количество исследований по ИК обогреву достаточно обоснованных норм ИК облученности до сих пор нет, и при расчетах пользуются приближенными нормами, создающими для обогреваемых объектов температурный режим, аналогичный режиму при конвективном обогреве, /2/.

Расчет инфракрасных облучательных установок для обогрева молодняка

1. Выбрать тип облучателя (см. табл. 19).

Если по рекомендациям данному объекту подходит несколько типов облучателей, расчет производится для любого из них

2. Определить среднюю облученность

Среднюю облученность можно определить по различным формулам или по номограммам /10/. Результаты этих расчетов различаются на 5-10 %. Наиболее приемлемой формулой, на наш взгляд, является формула / 4 /

$$E = \frac{t_0 - t_B}{0,04 \times K}, \quad (24)$$

где t_0 - ощущаемая температура животных, 0C , см. табл 20.

Таблица 19

Технические характеристики инфракрасных облучательных установок

Тип	Номин. мощность, Вт	тип источника	К.п.д. источника	КСС	Рекомендация по применению	$l_{\text{макс}}, \text{ нм}$	$l = \frac{L}{H_p}$
ОРИ-1	500	ИКЗ 220-500	0,8	Г	Обогрев молодняка животных	1050	0,9
ОРИ-2	375	ПС-70/Е	0,75	Г		1100	0,9
ССП-01-250	250	ИКЗК 220-250	0,70	Г	Обогрев молодняка животных и птицы	1150	0,9
ОЭИ-500	2x250	ИКЗК 220-250	0,80	Г		1150	0,9
ОВИ-1	500	ИКЗ 220-500	0,80	Г	Для вет.лечебниц	1050	0,9
ИКБ 3296	500	ТЭН-500	0,45...0,55	Д	Для обогрева цыплят, утят, индюшат, крольчат	3500...4000	1,4
ОКБ 1376А	3x400	ТЭН-400	0,45...0,55	Д			
Брудер БП	4x250	СКБ-5546	0,55	Д			
Брудер БП-1А	4x250	ТЭН-250	0,55	Д			
ЛатВИКО	1000	КГ-1000	0,8	Д	Для сушки лакокрасочных покрытий	1100	1,4
ИКУФ –1	2x250	ИКЗК 220-250	0,8	Д	Для обогрева и УФ облучения всех с.х. животных и птицы	1150	1,4
Луч	2x250	ИКЗК 220-250	0,8	Д			

t_B - температура воздуха в помещении, °С;

K - коэффициент «восприятия» ИК излучения организмом.

При неподвижном воздухе в помещении $K = 1$, с увеличением скорости воздуха и загрязнении кожно-перьевого покрова восприятие организмом ИК излучения снижается.

7. Определить расчетную высоту, /3/

$$H_p = \sqrt{\frac{I_0^{1000} \times P_L \times h_{ИК}}{E \times 1000}}, \quad (25)$$

Где I_0^{1000} - сила света источника с условной лампой в 1000 лм; выбирается в зависимости от типа кривой светораспределения (см. табл. 21), кд;

P_L - мощность лампы в ИК облучателе, Вт;

$h_{ИК}$ - коэффициент полезного действия ИК источника (см. табл. 19).

Таблица 20

Температурный режим при выращивании молодняка животных и птицы

Вид, возраст животного, сутки	Температура в зоне нахождения молодняка, °С	Вид, возраст птицы, суток	Температура в зоне нахождения молодняка, °С
Телята		Цыплята	
1-20	20-16	1-5	35-33
20-60	17-15	6-12	33-28
60-120	18-12	13-21	28-25
Поросята		Индюшата	
1-26	30-24	1-5	37-35
30	23	6-12	35-22
46	22	13-21	32-29
60	21	Гусята	
Ягнята		1-20	32-28
1-10	17-10	Утята	
Крольчата		1-10	28-24
1-20	15	11-21	20

8. Рассчитать требуемое число облучателей, Для этого согласно технологии содержания животных и птицы определить размеры зоны облучения (см. табл. 23)

Рекомендуется каждые 250 Вт ИК ламп применять на 2 м² площади облучения //.

Таблица 21

Светотехнические характеристики светильников с ИК лампами, отнесенные к потоку лампы в 1000 лм.

Типовые кривые светораспределения				
α^0	глубокое «Г»	«Д» точечный источник	«Д» линейный источник	Лампы ЗС, ЗК
0	763	238	260	600
5	741	229	250	586
15	640	215	245	483
25	479	204	219	347
35	321	195	187	235
45	189	164	150	161
55	52	145	112	113
65	10	112	72	273
75	2	76	40	222
85	0	7	16	61
90	0	3	1	0

Таблица 22

Рекомендуемые размеры площади для размещения животных

Возраст животных или птицы, дн.	Площадь размещения, м ²
Телята	
1...14	0,9x11
15...20 (групповое содержание)	4x3
Поросята	
1...45	0,7x0,7
46...60	1,5x1
Ягнята (групповое содержание)	15
Крольчата	0,5x0,5
Цыплята, гусята	0,6x0,8
Утята, индюшата	0,9x0,9

5. Определить общую мощность установки

$$P = P_{л} \cdot N$$

6. Выбрать способ регулирования облученности под облучателем. Облученность регулируется в зависимости от возраста молодняка животных и птицы и от температуры воздуха в помещении. Регулировка осуществляется вручную (ступенчато) или автоматически (плавно) путем изменения высоты подвеса облучателя или изменением подводимого напряжения.

В первом случае высота рассчитывается по формуле (5) с учетом средней облученности для каждого периода жизни молодняка животных и птиц.

Во втором – определяется подводимое к излучателю напряжение, исходя из зависимости

$$E_2 = E_1 \left(\frac{U_K}{U_H} \right)^{-3,67} \quad (26)$$

где E_1, E_2 – облученности при напряжении источника, равном номинальному и температуре t_1 и t_2 соответственно, рассчитывается по формуле (4).

Расчет инфракрасных облучательных установок для термообработки материалов (упрощенный)

1. Определить необходимую облученность из уравнения теплового баланса, /3/.

$$E = \frac{1}{\alpha t S} [Cm(T_k - T_0) + qm_p + \kappa S_0(T_k - T_B)] \quad (27)$$

где α - интегральный коэффициент поглощения обрабатываемого материала (см. табл. 23);

S - площадь облучаемой поверхности материала, m^2 ;

t - время облучения, с;

C - теплоемкость материала, $кДж/(кг \cdot K)$;

m - масса нагреваемого материала, кг;

T_0, T_k - температура нагрева материала начальная и конечная соответственно, K .

q - теплота испарения, $кДж/кг$;

m_p - масса испаряемой жидкости, кг;

K - коэффициент теплоотдачи конвекцией, $Вт/(m^2 \cdot K)$; $K = a(T_0 - T_B)^{1/3}$ для одностороннего облучения, где «а» - в табл. 24;

T_B - температура воздуха в помещении, K ;

S_0 - площадь полной поверхности тела, m^2 ;

T_{Π} - температура окружающих поверхностей, K ;

При нагреве до $200^{\circ}C$ потери на излучение малы и их можно не учитывать, Открытый нагрев, без экрана, можно использовать для объектов облучения с поглощательной способностью $a \geq 0,7$

2. Выбрать тип источника (см. табл. 19).

3. Рассчитать потребляемую мощность:

$$P = \frac{\alpha \cdot E \cdot S}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (28)$$

h_1 = коэффициент использования потока ИК излучения, принимается равным 0,8;

η_2 - к.п.д. источника инфракрасного излучения (см. табл. 15).

Таблица 23

Характеристики некоторых материалов, подвергаемых сушке

Теплота испарения растворителя, кДж/кг	Объект сушки	Содержание сухого остатка, %	Допустимая температура нагрева, °С	Рекоменд. Время сушки, мин.	Плотность, ρ , кг/м ³ 10 ³	Теплоемкость, кДж/(кг °С)	Коэффициент поглощения, α
210	Эмаль ХВ-113(черная)	30	60...80	60	1,2	1,82	0,9
277	Эмаль ВЛ-515	32	8...22 затем 10...120	60	1,8	1,835	0,65
348	Эмаль АИ-171(белая)	45	150	30	1,6	1,68	0,4
293	Эмаль АС-182 (разл. цветов)	45	100...110	30	1,4	1,73	0,7
397	Краска БТ-177 (серебристая)	32	100...110	30	2,1	2,3	0,7
210	Эмаль ХВ-113 (светлая)	36,5	80	60	1,2	1,82	0,6
820	Краска масляная	48	60	120	2,4	2,8	0,8
2260	Вода	-	100	-	1,0 при 20 °С	4,19 при 20 °С	
	Зерно пшеницы	В завис. от влажности	50	до 60	1,38	1,55 (для сухой массы)	0,6

Таблица 24

Значения коэффициента «а» при средней температуре нагрева материала и воздуха

$\frac{T_M + T_B}{2}$,	273	323	373	473	573
«а»	1,72	1,62	1,54	1,4	1,31

9. Определить количество облучателей

$$N = P / P_{\text{ист}}$$

5. Определить высоту от облучателя до объекта h_p по формуле (5).

Сила ИК излучения для цилиндрического источника с учетом коэффициента усиления потока арматурой

$$I_0 = \frac{1,2\Phi}{r^2} \quad (29)$$

для ламп типа ИКЗ:

$$I_0 = \frac{1,2\Phi}{4r}, \quad (30)$$

где $\Phi = P_{\text{л}} \cdot \eta_2$ - инфракрасный поток излучения источника.

Расчет установки для предпосевного прогрева и сушки зерна ИК излучением /18/

1. Определяются с исходными данными: начальной и конечной влажностью зерна, начальной и конечной температурой семян, геометрическими размерами и скоростью транспортной ленты, объемной массой зерна.

2. Определяют теплоемкость зерна

$$C = [C_0 \times (1 - W) + 4,19W], \quad (31)$$

где $C_0 = 1,55$ кДж/(кг °С) – теплоемкость абсолютно сухих семян;

W – влажность семян.

3. Время облучения зерна

$$t = \frac{L}{u}, \quad (32)$$

где L – длина транспортной ленты, м;

- u скорость движения ленты, м/с.

4. Определяют массу зерна на транспортной ленте при толщине слоя равной одному диаметру зерна

$$m_3 = gSh, \quad (33)$$

где g – плотность зерна, кг/м³;

S – площадь транспортерной ленты, м²;

h – диаметр зерна, м.

5. Выбирают ИК лампу. Для увеличения срока службы и доли ИК излучения лампы включают попарно на линейное напряжение, тогда мощность лампы

$$P_{л} = P_{н} \frac{U_{н}^{1,53}}{U_{н}^2}, \text{ Вт.} \quad (34)$$

6. Вычисляют индекс установки

$$i = \frac{L \times b}{(L + b) \times H_p}, \quad (35)$$

где b – ширина транспортерной ленты, м;

H_p – расчетная высота. Как правило, принимают $H_p = 0,1$ м.

7. Выбирают экран, например из полированного алюминия, приравнивают установку к люминисцентному светильнику с КСС «Г» или «Д» и для коэффициентов отражения $r_{пот} = r_{ст} = 0$ определяют коэффициент использования потока излучения / 19 /.

8. Вычисляют энергетический КПД

$$h_{э} = h_{св} \times k_T, \quad (36)$$

$k_T = 0,9$ учитывает тепловые потери лампы (~ 10 %).

10. Определяют мощность установки

$$P = \frac{k_{п} \times C \times m_3 \times (t_2 - t_1)}{h_{э} \times (1 - r) \times t}, \quad (37)$$

где $k_{п} = 1,05$ – коэффициент, учитывающий конвективные потери тепла семенами,

$r = 0,22$ – коэффициент отражения зерна.

11. Вычисляют количество ламп в установке

$$N = \frac{P}{P_{л}}.$$

12. Определяют производительность установки

$$G = g \times u \times b \times h \times 3600, \text{ кг/ч.} \quad (38)$$

13. Расход электроэнергии на 1 тонну зерна

$$A = \frac{P}{G}, \text{ кВт ч/т.}$$

Литературные источники

1. Лямцов А.К., Сарычев Г.С. Искусственное освещение и облучение в животноводстве. Светотехника, 1993. №5-6, с. 25-27.
2. Кожевникова Н.Ф., Алферова Л.К., Лямцов А.К. Применение оптического излучения в животноводстве. –М.: Россельхозиздат, 1987. –88 с.
3. Быков В.Г., Грибанова Н.И., Фалилеев Н.А. Методические указания к курсовой работе по проектированию облучательных установок в сельскохозяйственном производстве. Челябинск, 1985, 36 с.
4. Быстрицкий Д.Н., Кожевникова Н.Ф., Лямцов А.К., Муругов В.П. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве. М.: Энергоиздат, 1981.-152 с.
5. Алферов А.К., Козырева В.В., Овчукова С.А. Многоцелевой ультрафиолетовый облучатель для животноводческих помещений. Светотехника, 1998, №3, с. 34-36.
6. Торосян Р.Н. Применение ультрафиолетовых установок в животноводстве. М.: Россельхозиздат, 1978. –44 с.
7. Степанцов В.П. Светотехническое оборудование в сельскохозяйственном производстве. Справ. пособие. –Мн.: Ураджай, 1987. –216 с.
8. Садовой А.Ф., Советов В.П. Экономическая эффективность облучательных установок в теплицах. Светотехника, 1984, №11, с. 13-14.
9. Сараев С.М., Терентьев С.С., Шарупич В.П. и др.. Установка типа УОРТ-1-6000 для ангарных теплиц. Светотехника, 1985, №1, с.23-24.
10. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д. Электрическое освещение и облучение. М.: Колос, 1983, 272 с.
11. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение. М.: Агропромиздат, 1990, 239 с.
12. Методические рекомендации по применению бактерицидных ламп для санации воздушной среды и стимуляции продуктивности и жизнеспособности птицы в условиях клеточного содержания. –М.: 1970
13. Муругов В.П., Сысоев В.В. К расчету эффективности обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением. –Научно-технический бюллетень по электрификации сельского хозяйства. Вып .1(40), ВИЭСХ, М., 1980. С.62-66.
14. Муругов В.П., Сысоев В.В. Расчет ультрафиолетовых бактерицидных установок. –Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1981, №5, с.29-32.
15. Методические указания по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях. Светотехника, 1995, с. 2-19.
16. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению.-М.: Агропромиздат, 1991. –175 с.
17. Указания по проектированию и расчету ультрафиолетовых облучательных установок длительного действия. Светотехника, №11, 1989, с. 22-28.
18. Изаков Ф.Я., Козинский В.А., Лаптев А.В. и др. Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1972. –304 с.
19. Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983, 472 с.

Приложение

Примеры расчета облучательных установок

Пример 1. Рассчитать облучательную установку для рассады томатов с лампами ДРЛФ для второй световой зоны. Длина грядки 10 м, ширина 1.8 м.

Решение 1. Выбираем облучатель ОТ-400 с лампой ДРЛФ 400.

2. Выбираем фитооблученность и продолжительность облучения по табл. 3 и 4. Фитооблученность $E_{\Phi} = 10$ фит/м², продолжительность облучения 16 часов.

3. Выберем расчетную высоту $h_p = 0,8$ м.

4. Рассчитываем расстояние между облучателями

$$L = h_p \cdot \lambda; \quad L = 0,8 \cdot 1,4 = 1,12 \text{ м}$$

5. Определяем количество облучателей по длине и ширине грядки

$$N_A = A / L \quad N_A = 10 / 1,12 = 8,9 \quad \text{Принимаем 9 облучателей}$$

$$N_B = B / L \quad N_B = 1,8 / 1,12 = 1,6 \quad \text{Принимаем два ряда облучателей.}$$

Уточняем расстояние между облучателями по длине и ширине грядки

$$L_A = A / N_A \quad L_A = 10 / 9 = 1,1 \text{ м;}$$

$$L_B = B / N_B \quad L_B = 1,8 / 2 = 0,9 \text{ м.}$$

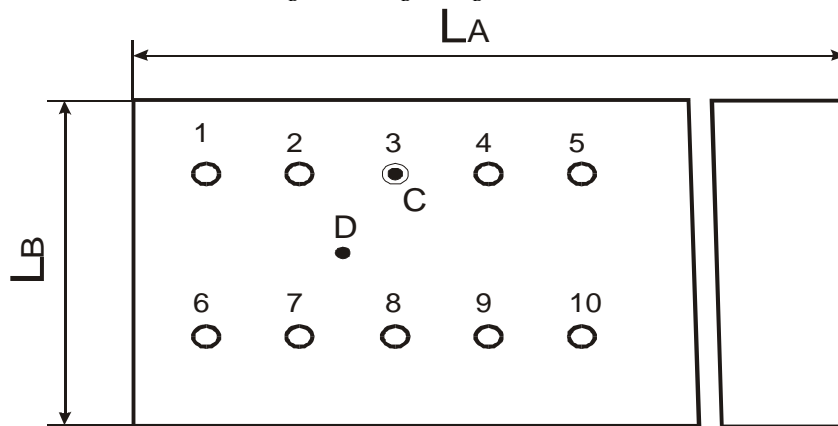


Рис. П. 1.

6. Размещаем облучатели на плане грядки, назначаем контрольные точки и производим расчет облученности в этих точках по формуле (3).

Результаты расчета заносим в таблицу П. 1

7. Коэффициент неравномерности

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}; \quad Z = \frac{407.2}{460.2} = 0.88$$

Таблица П. 1.

Результаты расчета фитооблученности

Номер Контрольной точки	Номер облучателя	d, м	α , град	I_{α}^{1000} , Кд	$\cos^3 \alpha$	e_i , лк	$\sum e_i$ лк
С	3	0	0	125	1	195,3	195,3
	8	0,9	48	153	0,3	71,7	71,7
	2,4	1,1	54	143	0,203	44,6	89,2
	7,9	1,4	60	131	0,125	25,5	51
Общая облученность							407,2
D	2,3,7,8	0,71	41	162	0,43	108,8	435,2
	1,6,4,9	2,2	70	103	0,04	6,4	25,6
Общая облученность							460,8

8. Фитооблученность в точке с максимальной облученностью

$$E_{\phi} = \Phi_{\phi} \cdot \mu \cdot \frac{\sum e_i}{1000}, \quad E_{\phi} = 18 \cdot 1,2 \cdot \frac{460,8}{1000} = 9,96 \text{ Фит/м}^2$$

9. Считаем, что продолжительность светового дня в зимний период составляет 7 часов. Время работы облучательной установки

$$\tau = 16 - 7 = 9 \text{ часов в сутки.}$$

Время работы до восхода солнца принимаем 4 часа и 5 часов после восхода.

Расчет установки для обеззараживания воды

Пример. 2 Рассчитать бактерицидную установку открытого типа для обеззараживания воды из открытого источника, если расчетный расход воды $15 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Решение. Определяем коэффициент сопротивляемости бактерий палочки коли из табл.9. $K=24 \text{ бк с/м}^2$. Из таблицы 10 находим коэффициент ослабления бактерицидного потока водой. $a=25, 1/\text{м}$. Начальную концентрацию микроорганизмов принимаем равной $2 \cdot 10^6 1/\text{м}^3$, а конечную $1 \cdot 10^3 1/\text{м}^3$.

В качестве источника излучения принимаем лампу ДБ 30, имеющую бактерицидный поток 6 бк (табл.13).

Лампы разместим в отражателях из алюминия с коэффициентом отражения 0,8 (см. табл 12) и углом отражения 135° .

Вычисляем коэффициент использования бактерицидного потока ламп по формуле (13)

$$h_{\text{И}} = [a_{\text{П}} + r_{\text{Э}} (360 - a_{\text{отр}})] / 360 = [135 + 0,8(360 - 135)] / 360 = 0,87$$

Рассчитываем необходимый бактерицидный поток из выражения (16)

$$\Phi_B = - \frac{\Pi \cdot \alpha \cdot \kappa \cdot \lg \frac{n}{n_0}}{1563,4 \cdot \eta_B \cdot \eta_H} = - \frac{15 \cdot 20 \cdot 24 \cdot \lg \frac{10^3}{2 \cdot 10^6}}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,87} = 19,4 \text{ бк.}$$

Необходимое количество ламп

$$N = \Phi_B / \Phi_{БЛ} = 19,4 / 6 = 3,2$$

Принимаем к установке четыре лампы.

Толщину обеззараживаемого слоя воды рассчитываем по уравнению

$$h = -\ln(1 - \eta_B) / \alpha, \quad h = -\ln(1 - 0,9) / 20 = 0,12 \text{ м}$$

Общую ширину лотков принимаем равной длине лампы ДБ 30. $b_0 = 0,9$

м.

Принимаем скорость движения воды в лотке $u = 0,3$ м/с и определяем ширину одного лотка b (17)

$$b = \Pi / (h \times u \times 3600) = 15 / (0,12 \times 0,3 \times 3600) = 0,12 \text{ м}$$

Количество лотков в установке $n = b_0 / b = 7,5$. Принимаем 8 лотков.

Пример 3. Рассчитать установку с погружными источниками излучения для обеззараживания воды из открытого водоема при расходе 18 л/с.

Решение. Для обеззараживания воды принимаем лампу ДБ 30 в кварцевом чехле с бактерицидным потоком $\Phi_B = 6$ бк, диаметром лампы $d_L = 30$ мм и длиной $L_L = 900$ мм. Принимаем наружный диаметр кварцевого чехла $d_ч = 40$ мм, длину рабочей части $l = 800$ мм.

Находим живое сечение при скорости воды $u = 0,3$ м/с

$$S = \Pi / u = 18 \times 10^{-3} / 0,3 = 0,06 \text{ м}^2$$

Определяем внутренний диаметр установки

$$D = \sqrt{\frac{4S + \pi d_ч}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,06 + 3,14 \times 0,04^2}{3,14}} = 0,27 \text{ м}$$

Принимаем ближайший стандартный – 300 мм и находим глубину потока

$$h = \frac{D - d_ч}{2} = \frac{0,3 - 0,04}{2} = 0,13 \text{ м}$$

Коэффициент ослабления бактерицидного потока в слое воды

$$h_B = 1 - e^{-a \cdot h} = 1 - e^{-20 \times 0,13} = 0,92,$$

где $a = 20$ 1/м, см. табл. (10).

Находим необходимый бактерицидный поток из выражения (16)

$$\Phi_B = - \frac{\Pi \times a \times \kappa \times \lg \frac{n}{n_0}}{1563,4 \times h_B \times h_H} = - \frac{18 \times 20 \times 24 \times \lg \frac{1 \times 10^3}{2 \times 10^6}}{1563,4 \times 0,92 \times 0,9} = 22 \text{ бк}$$

Необходимое количество ламп $N = \Phi_B / \Phi_{БЛ} = 22 / 6 = 3,7$ округляем до 4 ламп.

Общая мощность установки $P_{уст} = 1,2 \times N \times P_{л} = 1,2 \times 4 \times 30 = 144$ Вт,
 где 1,2 – коэффициент учитывающий потери в балластах ламп.

Затраты энергии на обеззараживание 1 м^3 воды

$$W = \frac{P_{уст}}{\Pi \times 3600} = \frac{144}{18 \times 3600} = 0,022 \text{ кВт ч/м}^3.$$

Пример 4. Рассчитать облучательную установку для обеззараживания помещения объемом 300 м^3 от золотистого стафилококка с бактерицидной эффективностью 90 %.

1. Выбираем передвижную облучательную установку ОБПе-450 и режим работы повторно-кратковременный в течение рабочего дня в отсутствие людей.

2. Из таблицы 12 определяем производительность установки $Q_0=900 \text{ м}^3/\text{ч}$, а из табл. 9 коэффициент сопротивляемости бактерий (или дозу) $k=49 \text{ бк с/м}^2$ или Дж/м^2 .

3. Рассчитываем вспомогательный коэффициент $K_{БК}$ по формуле (10)

$$K_{БК} = H/H_{ст} = 49/49 = 1$$

4 Минимальное время облучения, обеспечивающего заданный уровень бактерицидной эффективности определяем по формуле..(9)

$$t = V \cdot K_{БК} / (N_0 \cdot Q_0) = 300 \cdot 1 / (900 \cdot 1) = 0,33 \text{ ч}$$

5. Удельная производительность установки (формула..12)

$$\eta_{уд} = Q_0 / P = 900 \cdot 10^3 / 200 = 4500 \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Пример..5. Рассчитать облучательную установку для обеззараживания воздушной среды и рабочей поверхности помещения ветеринарного пункта размером $4 \times 3 \text{ м}^2$ и высотой 3 м от сальмонеллы с эффективностью 99,9%. Режим облучения однократный.

1. Выбираем потолочный облучатель ОБН-36 с двумя лампами ДБ-36 и определяемся с исходными данными:

объем помещения $V=4 \times 3 \times 3 = 36 \text{ м}^3$; площадь помещения $S=4 \times 3 \text{ м}^2$; активная мощность облучателя $P_A=80$ Вт (табл.11.); производительность установки при эффективности $J_{БК}=99,9\%$ (табл..14) равна $Q_0 = 140 \text{ м}^3/\text{ч}$; доза облучения для сальмонеллы $H_{БК}=76 \text{ Дж/м}^2$ (табл. 9); доза облучения для золотистого стафилококка $H_{СТ}=66 \text{ Дж/м}^2$; облученность на расстоянии 1 м от облучателя

$E_{ОБК}=1,25 \text{ Вт/м}^2$, табл.14.

2. Определяем вспомогательный коэффициент, формула (10)

$$K_{БК} = H_{БК} / H_{СТ} = 76/66 = 1,15$$

3. Время обеззараживания воздушной среды, формула (9)

$$t = V \cdot K_{БК} / (Q_0 \cdot N_0) = 36 \cdot 1,15 / (140 \cdot 1) = 0,3 \text{ ч.}$$

4. Удельная производительность установки, формула (12)

$$\eta_{уд} = Q_0 \cdot 10^3 / P_A = 140 \cdot 10^3 / 80 = 1750 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{ч}$$

5. Предполагаем, что облучатель расположен в центре комнаты на высоте 2,5 м и выбираем наиболее удаленную контрольную точку с наименьшей облученностью.

6. Длина хода луча до наиболее удаленной точки

$$l = \sqrt{h_p^2 + l_1^2} = \sqrt{2,5^2 + 2,5^2} = 3,5 \text{ м,}$$

где $l_1 = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$ - проекция хода луча на пол, а А и В – длина и

ширина помещения.

7. Коэффициент пропускания воздуха

$$\tau_{\text{БК}} = e^{-\alpha \cdot l} = e^{-0,06 \cdot 3,5} = 0,8$$

8. Облученность в наиболее удаленной точке найдем по формуле (8)

$$E_{\text{Б}} = \frac{\Phi_{\text{Б}} \cos^2 \gamma \left(\alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)}{2,4 \cdot h_p \cdot \pi^2 \cdot L} = \frac{12 \cos^2 31 \left(0,28 + \frac{1}{2} \sin 32 \right)}{2,4 \cdot 2,5 \cdot 3,14^2 \cdot 1,2} = 6,77 \cdot 10^{-2}$$

бк/м².

9. Облученность скорректированная на рассеяние в воздухе формула (6)

$$E_{\text{БР}} = E_{\text{Б}} \cdot \tau_{\text{Б}} = 6,77 \cdot 10^{-2} \cdot 0,81 = 5,48 \cdot 10^{-2} \text{ бк/м}^2$$

10. Время облучения для достижения дозы

$$t = N_{\text{БК}} / (E_{\text{БР}} \cdot 3600) = 76 / (5,48 \cdot 10^{-2} \cdot 3600) = 0,38 \text{ ч}$$

Необходимо выбрать время для однократного облучения равное 0,38 часа.

Пример 6. Рассчитать эритемную облучательную установку для облучения кур напольного содержания в помещении размерами 21x12x3 м.

1. Определяемся с исходными данными: взрослая птица при напольном содержании;

2. Дозу эритемного облучения выбираем из таблицы - 80 эр*с/м²;

3. Принимаем облучатель ЭО1-30м, высота свеса которого 0,5 м;

4. Принимаем расчетную высоту 2,5 м;

5. Определяем расстояние между облучателями

$$L = \lambda \cdot h_p, \quad L = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м}$$

Определяем количество облучателей по длине и ширине помещения

$$n_a = \frac{F}{L}, \quad n_a = \frac{21}{3,5} = 6 \quad n_b = \frac{B}{L}, \quad n_b = \frac{12}{3,5} = 3,4$$

Принимаем по ширине помещения 3 облучателя.

Уточняем расстояние между облучателями

$$L_A = 3,5 \text{ м}; \quad L_B = B/n_B; \quad L_B = 12/3 = 4 \text{ м.}$$

6 Размещаем облучатели на плане помещения и выбираем контрольные точки с предположительной максимальной облученностью (точка С под облучателем) и минимальной облученностью (точка D между облучателями). Опре-

деляемся: как считать облучатели – точечными или линейными, с разрывами или без. Для этого определим расстояние от облучателя до ближайшей контрольной точки. Это расчетная высота от 7-го облучателя. Длина облучателя 0,9 м, $h_p=2,5$ м. Отношение $L_{\text{ОБЛ}} / h_p$ равно 0,36, что больше 0,2. Принимаем облучатель за линейный. Длина разрыва между облучателями $L_p = L_A - L_{\text{ОБЛ}}$; $L_p = 3,5 - 0,9 = 2,6$ м, что больше $0,5 h_p$. Расчет условной относительной облученности производим как от отдельных линейных излучателей. Результаты расчетов заносим в таблицу П 2.

7.

Размещение облучателей на плане помещения

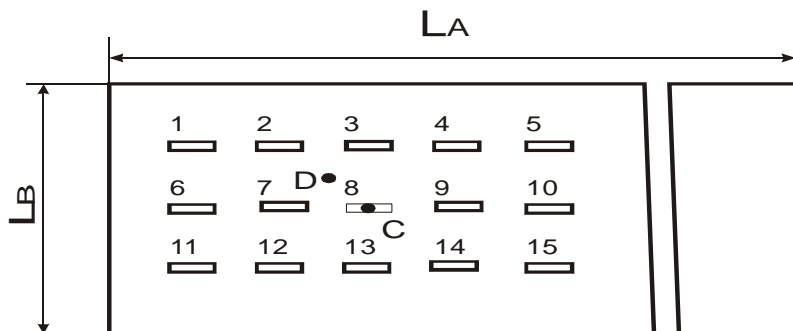


Рис. П 2.

8. Облученность в контрольных точках определим по формуле (20)

$$E = \frac{\Phi_{\text{э}} \cdot \sum \varepsilon}{(L_p + L_{\text{Л}}) \cdot h \cdot 100}; \quad E_c = \frac{750 \cdot 70,16}{(2,6 + 0,9) \cdot 2,5 \cdot 100} = 60,13 \text{ мэп/м}^2 \text{ или } 0,06 \text{ эр/м}^2$$

$$E_D = \frac{750 \cdot 53,36}{3,5 \cdot 2,5 \cdot 100} = 45,7 \text{ мэп/м}^2 \text{ или } 0,046 \text{ эр/м}^2$$

9. Коэффициент неравномерности $Z = E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$; $Z = 45,7 / 60,13 = 0,76$, что меньше 0,8.

10. Время облучения

$$\tau = \frac{H_{\text{Д}}}{E_c}; \quad \tau = \frac{80}{0,006} = 1333 \text{ с или } 22 \text{ минуты.}$$

Пример 7. Рассчитать облучательную установку ветеринарного бокса размером 1,5x2 м для лечения телят в возрасте до 6 месяцев.

Решение. 1. Выбираем облучательную установку ОРК с лампой ДРТ-400 и высоту подвеса над животными 1,5 м (табл. 15);

2. Доза эритемного облучения $H_{\text{Д}} = 450 \text{ эр с/м}^2$, см. табл 15.

3. Облучатель принимаем за точечный излучатель, т.к. длина лампы менее 0,2 расстояния до облучаемой точки.

4. Облученность под установкой определим по формуле (18)

Таблица П 2.

Результаты расчета облученности эритемной установки

Номер Контр точки	Номер Облучателя	L ₁	L ₁ '	L ₂	L ₂ '	P	P'	ε ₁	ε ₂	ε	Σε
С	8	0,45	0,18	0,45	0,18	0	0	19,49	19,49	38,98	38,98
	3,13	0,45	0,18	0,45	0,18	4	1,6	2,96	2,96	5,92	11,84
	7,9	3,95	1,58	3,05	1,22	0	0	73,08	68,39	4,69	9,38
	2,4,12,14	3,95	1,58	3,05	1,22	4	1,6	16,81	14,32	2,49	9,96
Сумма											70,16
D	2,3,7,8	2,2	0,88	1,3	0,52	2	0,8	32,86	21,49	11,37	45,48
	1,4,6,9	2,2	0,88	1,3	0,52	6	2,4	4,74	2,77	1,97	7,88
	Сумма										

$$E_{\alpha} = \frac{I_{\alpha\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h_p^2}; \quad E_{\alpha} = \frac{0,95 \cdot 1}{1,5^2} = 0,42 \text{ эр/м}^2$$

5. Время облучения $\tau = H_d / E_{\alpha}$; $\tau = 450 / 0,42 = 1071$ с или 18 минут в сутки.

Пример 8. Рассчитать ИК установку для сушки стального листа площадью 1x1 м² и толщиной 2 мм, покрытого черной эмалью ХВ-113, толщиной 0,25 мм.

1. Определяемся с исходными данными: плотность краски (см. табл. 23)- $\rho_{кр} = 1200$ кг/м³; теплота испарения растворителя $q = 210$ кДж/кг; содержание сухого остатка 30 %; коэффициент поглощения $\alpha = 0,9$; плотность стали $\rho_{ст} = 7500$ кг/м³; теплоемкость стали $C_{ст} = 0,5$ кДж/(кг град); начальная и конечная температура нагрева соответственно 15 и 60 градусов; температура воздуха в помещении 20 °С.

2. Пренебрегая теплопотерями излучением определим облученность, необходимую для испарения растворителя по формуле (27)

$$E = \frac{1}{\alpha \cdot S \cdot \tau} \{ C_{ст} \cdot m_{ст} (T_k - T_0) + q \cdot m_p + K \cdot S_0 (T_k - T_B) \}$$

3. Определяем коэффициент теплопередачи конвекцией по формуле (28)

$$K = a(T_k - T_B)^{1/3}; \quad K = 1,5(60 - 20)^{1/3} = 1,5\sqrt[3]{40} = 5,13 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

4. Потеря теплоты стальным листом путем конвекции

$$Q_k = K \cdot S_0 (T_k - T_B); \quad Q_k = 5,13(60-20)=205,2 \text{ Вт}$$

5. Количество теплоты, идущее на испарение жидкости

$$Q_{\text{ж}} = q \cdot m_p = q \cdot \rho_{\text{кр}} \cdot V_{\text{кр}} = q \cdot \rho_{\text{кр}} \cdot S_0 \cdot h$$

$$Q_{\text{ж}} = 210 \cdot 1200 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 126 \text{ кДж}$$

6. Количество теплоты, идущее на нагрев стали

$$Q_{\text{ст}} = C_{\text{ст}} \cdot m_{\text{ст}} (T_{\text{к}} - T_1) = C_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} (T_{\text{к}} - T_1);$$

$$Q_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 7500 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - 15) = 337,5 \text{ кДж.}$$

7. Задаваясь временем сушки 10 минут, определим необходимую облученность

$$E = \frac{1}{0,9 \cdot 1 \cdot 600} (337,5 + 126 + 0,2052) = 0,858 \text{ кВт/м}^2$$

8. Мощность установки

$$P = \frac{\alpha \cdot E \cdot S}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{0,9 \cdot 0,858 \cdot 1}{0,8 \cdot 0,7} = 1,379 \text{ кВт}$$

9. Приняв лампы ИКЗК 220-250 определим количество ламп

$$N = P/P_{\text{л}}; N = 1,379/0,25 = 5,5$$

10. Принимаем к установке 6 ламп и определим высоту их размещения над облучаемой поверхностью по формуле (25)

$$h = \sqrt{\frac{I_0^{1000} \cdot P \cdot \eta_{\text{ИК}}}{E \cdot 1000}}; h = \sqrt{\frac{620 \cdot 1500 \cdot 0,7}{858 \cdot 1000}} = 0,87 \text{ м,}$$

где $I_0^{1000} = 620 \text{ лм/ср}$ (см. табл. 21)

Пример 9. Рассчитать подвижную установку для прогрева семян пшеницы влажностью 15% ИК излучением до температуры 45°C . Семена движутся по решетке размером $1,2 \times 0,8 \text{ м}^2$ вдоль большего размера со скоростью $0,1 \text{ м/с}$.

Объемная масса зерна 700 кг/м^3 , диаметр зерен $3..5 \text{ мм}$. Температура исходного материала $+15^\circ\text{C}$.

1. Определяем теплоемкость зерна

$$C = [C_0(1 - W) + 4,19W]; C = [1,55(1 - 0,15) + 4,19 \cdot 0,15] = 1,95$$

кДж/(кг $^\circ\text{C}$)

2. Продолжительность облучения зерна

$$\tau = \frac{L}{v}; \tau = \frac{1,2}{0,1} = 12 \text{ с.}$$

3. Масса зерна на решетке при толщине в один слой $h=3 \text{ мм}$

$$m_3 = \gamma \cdot S \cdot h; m_3 = 700 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 2,0 \text{ кг}$$

4. Для облучения семян выбираем облучатель «Латвико» и включаем их в линию 380 В по два последовательно. Мощность ламп при этом уменьшится, а срок службы возрастет.

$$P_{\text{л}} = P_{\text{н}} \left(\frac{U}{U_{\text{н}}} \right)^{1,53}; P_{\text{л}} = 2 \cdot 1000 \left(\frac{190}{380} \right)^{1,53} = 796 \text{ Вт,}$$

Возрастет также и доля ИК излучения.

5. Вычисляем индекс установки

$$i = \frac{L \cdot b}{H_p(L + b)} ; i = \frac{1,2 \cdot 0,8}{0,1(1,2 + 0,8)} = 4,8.$$

6. Коэффициент использования потока излучения облучателя с КСС Д и коэффициентах отражения $\rho_{ст} = \rho_{пот} = 0$ равен $0,66 / 19 /$.

7. Энергетический КПД

$$\eta_{\text{Э}} = \eta_{\text{СВ}} \cdot \kappa_{\text{T}} ; \eta_{\text{Э}} = 0,66 \cdot 0,9 = 0,59.$$

8. Мощность установки

$$P = \frac{K_{\text{П}} \cdot C \cdot m_3 \cdot (t_2 - t_1)}{\eta_{\text{Э}} \cdot (1 - \rho) \cdot \tau} ; P = \frac{1,05 \cdot 1,95 \cdot 2 \cdot 30}{0,59(1 - 0,22) \cdot 12} = 22,2 \text{ кВт}$$

9. Количество ламп в установке

$$N = \frac{P}{P_{\text{Л}}} ; N = \frac{22,2}{0,796} = 27,8.$$

Так как лампы включены попарно, округляем количество ламп до четного числа 28.

10 Производительность установки

$$G = \gamma \cdot v \cdot b \cdot h \cdot 3600 ; G = 700 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 604,8 \text{ кг/ч}$$

11. Расход электроэнергии на 1 тонну зерна

$$A = \frac{P}{G} ; A = \frac{22,2}{0,6048} = 36,7 \text{ кВт ч/т.}$$

Пример 10. Рассчитать ИК установку для обогрева суточных цыплят, содержащихся на полу площадью 6 м^2 , если температура в помещении $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. Определяемся с исходными данными: цыплята содержатся на полу, температура воздуха $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а оптимальная температура их содержания $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$. (табл. 20);

2. Выбираем облучательную установку «Брудер БП-1», с КСС – Д, с четырьмя тенами по 250 Вт и рассчитываем необходимую облученность по формуле (24)

$$E = \frac{t_0 - t_{\text{В}}}{0,04 \cdot K} ; E = \frac{35 - 20}{0,04 \cdot 1} = 375 \text{ Вт/м}^2.$$

3. Расчетная высота размещения облучателей (формула 25)

$$h_{\text{Р}} = \sqrt{\frac{I_0^{1000} \cdot P \cdot \eta_{\text{ИК}}}{E \cdot 1000}} ; h_{\text{Р}} = \sqrt{\frac{238 \cdot 4 \cdot 250 \cdot 0,55}{375 \cdot 1000}} = 0,59 \text{ м.}$$

4. Принимаем 1 брудер, считая, что каждые 250 Вт установки рассчитано на 2 м^2 .

Пример 11. Рассчитать облучательную установку для коровника размерами $24 \times 71 \text{ м}^2$. Коровы содержатся в стойлах в четыре ряда с двумя кормовыми и четырьмя навозными проходами.

1. Определяемся с исходными данными: выбираем две подвижные облучательные установки УО-4 М, так как животные ограничены в перемещении и содержатся в четыре ряда.

2. Рассчитаем количество эритемной энергии за один проход по формуле /22/

$$H_{\text{э}} = \frac{I_{\alpha 0}}{h_p \cdot v} \left(\alpha_K + \frac{1}{2} \sin 2\alpha_K \right).$$

Угол α_K рассчитаем по формуле $\alpha_K = \arctg \frac{L_K}{h_p}$, где L_K – длина хода горелки

$$L_K = \frac{A}{2} - 2 \cdot 0,58 \cdot h_p - 2 \cdot 1; L_K = \frac{71}{2} - 1,16 - 2,0 = 32,3 \text{ м}, \alpha_K = 88^\circ.$$

Количество эритемной энергии за один проход

$$H_{\text{э}} = \frac{0,49}{1 \cdot 0,005} \left(1,54 + \frac{0,24}{2} \right) = 250 \text{ эр с/м}^2$$

3. Количество проходов облучательной установки

$$n = \frac{H_d}{H_{\text{э}}}; n = \frac{1000}{250} = 4,$$

где H_d – доза эритемной энергии (см. табл 15).