

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
лабораторного практикума для студентов учреждений высшего
образования, обучающихся по специальностям 1-74 06 05
Энергетическое обеспечение сельского хозяйства
(по направлениям), 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических
процессов и производств (сельское хозяйство)*

Минск
БГАТУ
2012

УДК 631.371:621.31(07)
ББК 40.76я7
Э45

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *И. Б. Дубодел*,
кандидат технических наук, доцент *В. П. Степанцов*,
доктор технических наук, профессор *Е. М. Заяц*,
кандидат технических наук, доцент *П. В. Кардашов*,
старший преподаватель *Р. И. Кустова*

Рецензенты:

кафедра энергоэффективных технологий МГЭУ им. Д. А. Сахарова;
заместитель генерального директора
ОАО «Белсельэлектросетьстрой» *В. В. Сорока*

Электротехнологии : лабораторный практикум / И. Б. Дубодел [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 148 с.
ISBN 978-985-519-549-9.

Лабораторный практикум включает 13 работ по дисциплине «Электротехнологии». Предназначен для студентов высших и средних специальных учебных заведений, обучающихся по специальностям 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (по направлениям), 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство).

УДК 631.371:621.31(07)
ББК 40.76я7

ISBN 978-985-519-549-9

© БГАТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторное занятие 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ	6
Лабораторное занятие 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН СДЛ-1	16
Лабораторное занятие 3. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРООЧИСТКИ И ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА	28
Лабораторное занятие 4. ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВОК	41
Лабораторное занятие 5. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ	56
Лабораторное занятие 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	69
Лабораторное занятие 7. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДОЗИРОВАННОГО ВЫСЕВА СЕМЯН	80
Лабораторное занятие 8. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ВЛАЖНЫХ КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	85
Лабораторное занятие 9. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛУЧЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ИНФРАКРАСНЫМИ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	94
Лабораторное занятие 10. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВА И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ	104

Лабораторное занятие 11. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛИЧНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ	113
Лабораторное занятие 12. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	124
Лабораторное занятие 13. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛУЧЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	132
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	146

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехнологии» является научно-технической основой одного из важнейших и перспективных направлений непосредственного использования электрической энергии, электромагнитных полей и оптического излучения в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

Целью дисциплины является формирование системы научно-технических знаний в области современных электротехнологических процессов и навыков использования электромагнитных полей в технологических и биологических процессах сельскохозяйственного производства.

Для достижения поставленной цели требуются не только глубокие теоретические знания, необходимо также уметь исследовать и рационально использовать имеющееся оборудование, осуществлять его наладку и обслуживание. Эта задача решается главным образом на лабораторных занятиях.

Данный практикум позволяет:

- закрепить и систематизировать приобретенные теоретические знания;
- привить студентам навыки по исследованию и применению электротехнологических установок в сельскохозяйственном производстве;
- подготовить студентов к решению более сложных задач при дипломном проектировании и на практике.

Содержание практикума пособия в полной мере охватывает предмет изучения и соответствует учебной программе по дисциплине «Электротехнологии» для студентов специальности 1-74 06 05-01 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (электроэнергетика)». Он также может быть рекомендован студентам специальности 1-74 06 05-02 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (теплоэнергетика)» и 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство)».

Лабораторное занятие 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

Цель работы: изучить устройство и работу генераторов импульсов, определить основные параметры импульсов.

Задачи работы

1. Изучить назначение, устройство, принципиальные электрические схемы генераторов импульсов ИЭ-200, ГИЭ-1, «Импульс», ИЭ-4.
2. Определить электрические и энергетические параметры импульсов, освоить способы регулирования частоты, силы импульсов генераторов ИЭ-200, «Импульс».
3. Опробовать работу генераторов ГИЭ-1, ИЭ-4 в автоматическом режиме.

Общие сведения

Генераторы импульсов (ГИ) служат для создания импульсов электрической энергии требуемых параметров.

В сельскохозяйственном производстве ГИ применяют в электрических изгородях, установках электрогидравлической, электроэрозионной обработки материалов и т. д. В настоящей работе изучают генераторы импульсов электрических изгородей, применяемых для загона и пастбы скота, ограждения летних лагерей для животных, выгульных площадок, прогонов, посевов и т. п.

Наиболее распространены независимые (релаксационные) генераторы импульсов типа RC (рис. 1.1).

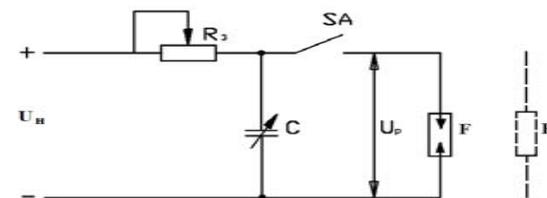


Рис. 1.1. Принципиальная схема простейшего релаксационного генератора импульсов RC : R_z – сопротивление зарядной цепи; C – конденсатор; F – разрядник; R_p – сопротивление разрядной цепи; SA – коммутлирующее устройство

Питание генератора осуществляют от источника постоянного тока. В конденсаторе C происходит периодическое накопление электрического заряда с последующим разрядом на сопротивление R_p при срабатывании коммутирующего устройства SA (рис. 1.2).

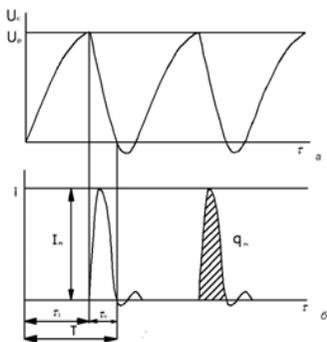


Рис. 1.2. Графики изменения напряжения на конденсаторе (а) и импульсов тока в разрядной цепи (б)

Основными параметрами ГИ являются:

W – энергия импульса, Дж:

$$W = \frac{1}{2} C U_p^2, \quad (1.1)$$

где C – емкость конденсатора, Ф; U_p – напряжение разряда, В;
 q_n – количество электричества в импульсе (сила импульса), Кл:

$$q_n = \int_0^{\tau_n} i(\tau) d\tau, \quad (1.2)$$

где $i(\tau)$ – изменение тока импульса во времени;

τ_n – продолжительность импульса, с.

I_m – амплитудное значение тока разряда, А:

$$I_m = \frac{U_p}{R_p}, \quad (1.3)$$

где R_p – сопротивление разрядной цепи, Ом;

f – частота следования импульсов, Гц:

$$f = \frac{1}{\tau_3 + \tau_n} \approx \frac{1}{\tau_3} = \frac{1}{RC \ln \frac{U_n}{U_n - U_p}}, \quad (1.4)$$

где τ_3 – время зарядки конденсатора, с;

R – сопротивление зарядной цепи, Ом;

U_n – напряжение источника питания, В.

T – период колебаний, с:

$$T = \frac{1}{f}, \quad (1.5)$$

S – скважность импульсов:

$$S = \frac{T}{\tau_n}. \quad (1.6)$$

В работе представлены генераторы импульсов ИЭ-200, ГИЭ-1, «Импульс», ИЭ-4. Принципиальная электрическая схема генератора ИЭ-200 показана на рис. 1.3. Питание генератора осуществляют либо от сети переменного тока 220 В через выпрямитель, включающий диоды $VD1$, $VD2$, сопротивления $R1$, $R2$, конденсатор $C1$, либо от батареи сухих элементов $G1$ – $G4$ (12 В). Включение производят выключателем $SA1$. Генератор работает в двух режимах: автоматическом, непрерывно подавая импульсы на токоведущую линию (ТВЛ), независимо от прикосновения к ней животного, и ждущем, когда импульсы подаются только при прикосновении животного к изгороди. Режим работы задают переключателем $SA3$: верхнее положение – автоматический режим, нижнее – ждущий. Частоту и силу импульсов изменяют величиной емкости конденсаторов $C2$ – $C4$ и резисторами $R4$, $RP1$, $RP2$.

Автоматический режим: при включении $SA1$ происходит зарядка конденсатора $C2$ (или $C2$, $C3$, $C4$ при включенном $SA2$). Одновременно напряжение от источника питания подается через резистор $R6$ и нижний (размыкающий) контакт $SA3$ на делитель напряжения на резисторах $R8$, $RP2$, $R9$. С делителя снимается часть напряжения для зарядки конденсатора $C5$. По мере зарядки $C5$ на нем возрастает напряжение до тех пор, пока не достигнет величины зажигания

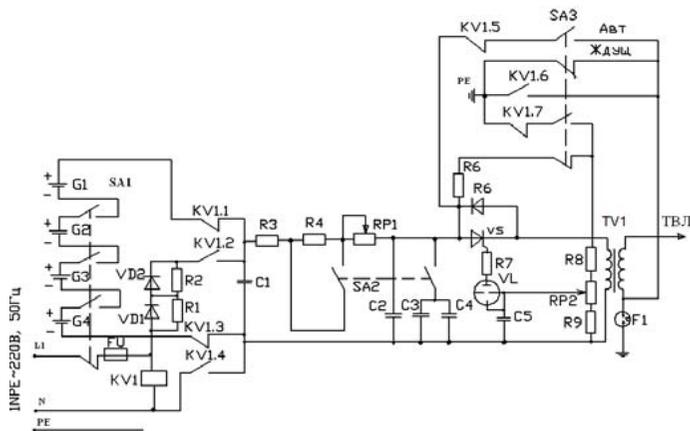


Рис. 1.3. Принципиальная электрическая схема генератора импульсов ИЭ-200

тиратрона VL . При открытии тиратрона конденсатор $C5$ разряжается через VL и ограничивающий резистор $R7$ на управляющий электрод тиристора VS , последний открывается, и конденсатор $C2$ разряжается через первичную обмотку повышающего трансформатора $TV1$, вызывая во вторичной обмотке импульс высокого напряжения. Вторичная обмотка заземлена через разрядник $F1$ и при прикосновении животного к проволоке ограждения оно попадает под напряжение и получает «электрический удар».

Ждущий режим: включают после «привыкания» животного к изгороди, выработки у него условного рефлекса боязни изгороди. Напряжение от источника питания (только батарея сухих элементов $G1-G4$) подается через верхний (замыкающий) контакт $SA3$ на вторичную обмотку трансформатора и через нее на ТВЛ изгороди. При прикосновении животного к ТВЛ возникает ток величиной $0,1$ мА, протекающий по цепи: источник питания – замыкающий контакт $SA3$ – вторичная обмотка трансформатора $TV1$ – ТВЛ – тело животного – земля – резисторы $R8, RP2, R9$. Конденсатор $C5$ заряжается. Образуется импульс высокого напряжения в последовательности, изложенной выше, поступающий в линию до тех пор, пока животное касается проволоки. Импульсы в ТВЛ появляются через $0,2$ с.

Работа генератора импульсов ГИЭ-1 (рис. 1.4) основана на изменении сопротивления между ТВЛ и землей. Источником питания генератора служат батарея сухих элементов $GB1-GB12$, аккумуля-

торная батарея 12 В или сеть переменного тока 220 В, избираемых переключателем $SA1$. ГИЭ-1 содержит следующие блоки: блок питания $A1$ (батарея $GB1-GB12$ или трансформатор $TV1$ и выпрямитель $UZ1$); стабилизатор напряжения $A2$ (стабилитрон $VD3$, транзисторы $VT2, VT4, VT5$, резистор $R6$); преобразователь постоянного напряжения $A3$ (резисторы $R13, R14$, конденсатор $C5$, транзисторы $VT8, VT9$, трансформатор $TV2$, выпрямитель $UZ2$); емкостной накопитель энергии $A4$ (конденсаторы $C7, C8$); пороговое устройство $A5$ (транзисторы $VT1, VT3$); исполнительный элемент $A6$ (транзисторы $VT6, VT7$). Режим работы задают переключателем $SA2$ (верхнее положение – автоматический, нижнее – ждущий).

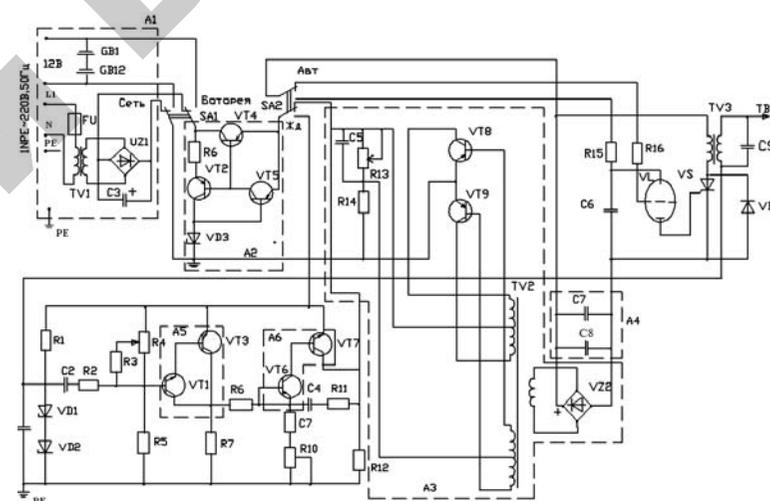


Рис. 1.4. Принципиальная электрическая схема генератора импульсов ГИЭ-1:

- $A1$ – блок питания; $A2$ – стабилизатор напряжения; $A3$ – преобразователь постоянного напряжения; $A4$ – емкостной накопитель энергии;
- $A5$ – пороговое устройство; $A6$ – исполнительный элемент

Автоматический режим: напряжение с выхода стабилизатора $A2$ подается в преобразователь постоянного напряжения $A3$ и через выпрямитель заряжается емкостной накопитель энергии $A4$. Одновременно происходит зарядка конденсатора $C6$ через резистор $R16$. При достижении напряжения на $C6$ значения напряжения открытия тиратрона VL , последний открывается, и конденса-

тор C_6 разряжается через тиратрон VL на управляющий электрод тиристора VS . Тиристор открывается, емкостной накопитель разряжается на первичную обмотку повышающего высоковольтного трансформатора TV_3 , во вторичной обмотке которого возникает импульс, поступающий в ТВЛ электроизгороди (один вывод вторичной обмотки соединен с ТВЛ, другой – заземлен через цепочку стабилитронов $VD1$ и $VD2$).

Ждущий режим: с выхода стабилизатора так называемое дежурное напряжение порядка 7 В подается через резистор $R1$ и вторичную обмотку трансформатора TV_3 на ТВЛ изгороди. При контакте животного с ТВЛ сопротивление между ТВЛ и землей резко изменяется, что приводит к появлению напряжения между ТВЛ и землей и формированию сигнала, поступающего на вход порогового устройства $A5$, которое усиливает поступающий сигнал и передает его на исполнительный элемент $A6$ (несимметричный мультивибратор). Через цепочку коллектор-эмиттер выходного транзистора $VT7$ подается напряжение от стабилизатора к преобразователю постоянного напряжения. Далее схема работает как в автоматическом режиме. Конденсатор $C9$, включенный параллельно вторичной обмотке трансформатора TV_3 , служит для повышения КПД генератора импульсов. Шунтирующий диод $VD4$ защищает тиристор от обратного перенапряжения при переходном процессе во время разрядки накопителя. Стабилитроны $VD1$, $VD2$ защищают устройство обнаружения контакта животного с ТВЛ от попадания высоковольтного импульса. В ждущем режиме эти стабилитроны создают разрыв в цепи и не влияют на формирование сигнала, возникающего при прикосновении животного к ТВЛ. При появлении высоковольтного импульса в ТВЛ стабилитроны $VD1$ и $VD2$ проводят ток, замыкая на землю один из выводов вторичной обмотки трансформатора TV_3 . При этом на вход устройства обнаружения контакта животного с ТВЛ попадает только напряжение стабилизации, возникающее на стабилитронах.

Генератор «Импульс» (рис. 1.5) включает источник питания $A1$, состоящий из батареи солнечных элементов типа БС-4 и конденсатора $C1$; блокинг-генератора $A2$ (транзистор $VT1$, трансформатор $TV1$), преобразующего постоянное напряжение в переменное; выпрямителя с удвоением напряжения $A3$ (диоды $VD1$, $VD2$, конденсаторы $C2$, $C3$), накопительного конденсатора $C4$, динисторов $VD3$, $VD4$, высоковольтного трансформатора $TV2$. Переменное напряжение, получаемое от блокинг-генератора, преобразуется в постоян-

ное выпрямителем, от которого происходит зарядка конденсатора $C4$ до тех пор, пока напряжение на нем не превысит напряжение пробоя динисторов. При пробое последних, конденсатор $C4$ разряжается через динисторы на первичную обмотку высоковольтного трансформатора, во вторичной обмотке которого индуцируется импульс высокого напряжения, подаваемый на ТВЛ изгороди. После разрядки конденсатора динисторы восстанавливаются, начинается новый процесс зарядки $C4$, цикл повторяется.

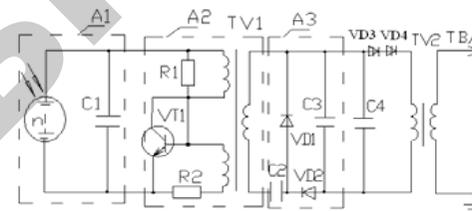


Рис. 1.5. Принципиальная электрическая схема генератора «Импульс»: $A1$ – источник питания; $A2$ – блокинг-генератор; $A3$ – выпрямитель с удвоением напряжения

Генератор импульсов ИЭ-4 (рис. 1.6) работает аналогично генератору «Импульс».

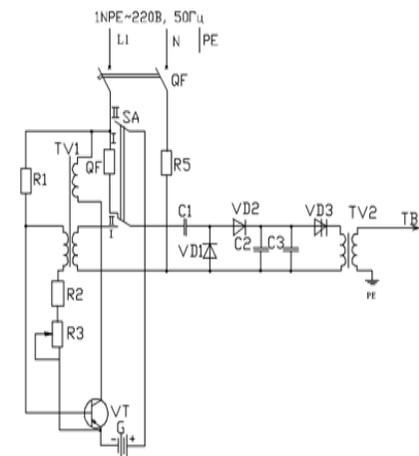


Рис. 1.6. Принципиальная электрическая схема генератора импульсов ИЭ-4

Методика выполнения работы

1. Изучить назначение, устройство, принципиальные электрические схемы генераторов импульсов ИЭ-200, ГИЭ-1, «Импульс», ИЭ-4 по образцам, установленным в лаборатории, и литературе [2].

2. Определить амплитудное значение тока I_m , количество электричества в импульсе $q_{и}$, частоту f и период T следования импульсов, скважность S для генератора ИЭ-200.

Для этого включить последовательно автоматический выключатель QF на стенде, осциллограф тумблером «Сеть» (рис. 1.7). При появлении на экране горизонтальной светящейся линии включить генератор ИЭ-200, устанавливая переключатель $SA1$ в положение I.

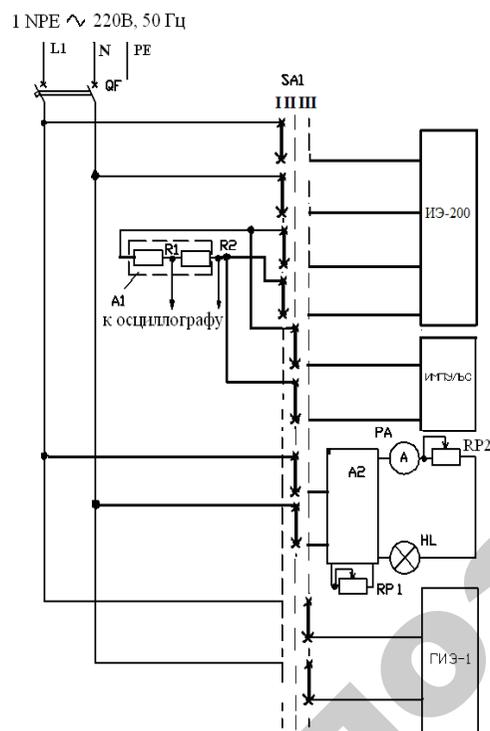


Рис. 1.7. Электрическая схема экспериментальной установки: $A1$ – делитель напряжения; $A2$ – тиристорный регулятор напряжения; $RP1$ – датчик тока

Настроить генератор на работу с силой импульса «Меньше» и минимальной, а затем с максимальной частотой, определяя частоту следования импульсов f при помощи осциллографа. Результаты представить в виде табл. 1.1.

Таблица 1.1

Параметры импульсов генератора ИЭ-200

Положение переключателя «Сила импульса»	Частота, Гц		Амплитудное значение тока I_m , мА	Кол-во эл-ва в импульсе $q_{и}$, мКл	Период колебаний, T , с	Скважность импульса S
	мин f_{min}	макс f_{max}				
«Меньше»						
«Больше»						

Зарисовать с экрана осциллографа кривую импульса тока, предварительно определив масштаб изображения импульса на экране с помощью переключателей «Время» и «Напряжение». При определении масштаба напряжения учесть сопротивление делителя напряжения $R1:R2 = 100$, через который подключен осциллограф.

Произвести аналогичные исследования, настроив генератор на работу с силой импульса «Больше». Результаты занести в табл. 1.1.

По кривым импульса тока рассчитать параметры импульсов:

– амплитудное значение тока I_m (формула (1.3)). В расчетах принять R_p равным сопротивлению входа осциллографа, U_p – амплитудному значению напряжения;

– количество электричества в импульсе $q_{и}$ (формула (1.2)) вычисляют графически, интегрированием площади, ограниченной кривой импульса тока и осью абсцисс (ось времени). Упрощенно можно определить по формуле

$$q_{и} = \frac{U_p}{R_p} \tau_{и},$$

где T – период колебаний (формула (1.5));

S – скважность импульса (формула (1.6)).

3. Получить зависимость частоты f следования импульсов от освещенности E приемника фотоэлектрического преобразователя ге-

нератора «Импульс», включая его в работу переключателем $SA1$ в положение II (рис. 1.7).

Освещенность изменить задатчиком $RP1$, устанавливая ток 1,2–1,8 А. Результаты представить в виде табл. 1.2. Построить графическую зависимость частоты импульсов f от освещенности E .

Таблица 1.2

Зависимость частоты f следования импульсов от освещенности E генератора «Импульс»

Ток I , А	1,8	1,6	1,4	1,2
Освещенность E , лк	220	150	110	80
Частота импульсов f , Гц				

4. Опробовать работу генераторов ГИЭ-1, ИЭ-4 в автоматическом режиме.

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Принципиальная электрическая схема релаксационного генератора импульсов RC .
3. Таблица результатов исследований.
4. Рассчитанные параметры генератора «ИЭ-200».
5. Графическая зависимость частоты импульса f от освещенности E .
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении, устройстве, области применения ГИ в сельскохозяйственном производстве.
2. Объяснить работу схемы релаксационного генератора импульсов типа RC ?
3. Объяснить работу принципиальных электрических схем генераторов импульсов ИЭ-200, ГИЭ-1, «Импульс», ИЭ-4.
4. Какие вы знаете способы регулирования частоты и силы импульса?
5. Назовите основные параметры ГИ и импульсов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН СДЛ-1

Цель работы: изучить устройство, принцип действия, электрическую схему диэлектрического сепаратора семян.

Задачи работы

1. Изучить физические основы разделения семян в электрическом поле диэлектрических сепараторов.
2. Изучить устройство, электрическую схему, принцип действия сепаратора СДЛ-1.
3. Произвести испытания сепаратора в работе и установить эффективность разделения семян.

Общие сведения

Семена сельскохозяйственных культур отличаются по физико-механическим свойствам (размерами, формой, массой и др.). На этих отличиях основаны механические способы их сепарации. Однако семена, имеющие одинаковые физико-механические свойства, могут заметно отличаться по биохимическому составу (степени зрелости, химическому составу, влажности и др.) и, следовательно, по электрическим свойствам (диэлектрической проницаемости, электрической проводимости, способности воспринимать и удерживать электрический заряд и т. д.). На этом основаны электрические способы разделения семян, которые позволяют отбирать их по качеству. В этом коренное отличие методов сепарации семян в электрических полях от механических способов. Совокупность физико-механических, электрических и биохимических свойств, по которым производят разделение семян, составляет признак делимости семян. Для каждого вида сепараторов он выражается определенной аналитической зависимостью.

Разделение семян в электрических полях осуществляют в электрических сепараторах (электросепараторах) зерна.

Электросепараторы классифицируют:

– по виду электрического поля (коронные, электростатические, с переменным полем, комбинированные);

– по способу зарядки частиц (ионной зарядки, электродной (контактной) зарядки, зарядки поляризацией (диэлектрические), зарядки трением (трибоэлектрические), комбинированные);

– по конструкции (камерные, барабанные, транспортные (ленточные), решетчатые и др.).

В работе представлен электросепаратор СДЛ-1 (сепаратор диэлектрический лабораторный однокамерный), предназначенный для разделения биологически ценных семян зерновых и других культур по их электрофизическим и иным свойствам с целью повышения посевных качеств. По конструктивному исполнению он относится к сепараторам барабанного типа.

Разделение частиц сыпучих смесей в электросепараторах основано на использовании механических сил электрического поля, которые возникают вследствие взаимодействия поля со свободными или связанными электрическими зарядами частиц смеси. Поэтому для разделения частиц (например, семян) их необходимо предварительно зарядить, сообщив им свободные заряды (коронные, электростатические сепараторы), или сместить связанные заряды вещества в противоположные стороны (положительные по направлению действия поля, отрицательные – в обратном направлении).

В диэлектрическом сепараторе СДЛ-1 рабочим органом служит барабан 7 (рис. 2.1) из диэлектрического материала, на который на-

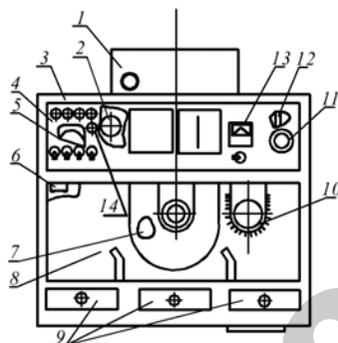


Рис. 2.1. Сепаратор семян диэлектрический лабораторный СДЛ-1 (общий вид):

- 1 – бункер; 2 – электродвигатель; 3 – корпус; 4 – панель управления;
5 – мотор-редуктор; 6 – конечный выключатель; 7 – барабан; 8 – защитные стекла;
9 – кассеты; 10 – щетка; 11 – автотрансформатор; 12 – высоковольтный трансформатор;
13 – вольтметр; 14 – кнопка (о) реверсирования загрузочного валика

мотаны бифилярно вплотную (виток к витку) два изолированных проводника (рис. 2.2, в), являющихся электродами. К ним подводится высокое напряжения (до 5 кВ) от повышающего маломощного трансформатора. Между проводниками-электродами создается неоднородное электрическое поле, используемое для разделения семян.

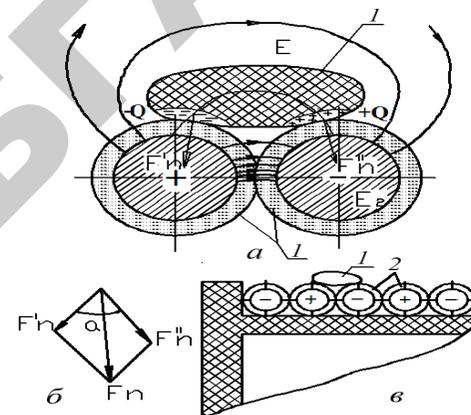


Рис. 2.2. Схема действия поляризованных сил F'_n и F''_n (а), результирующая сила F_n (б), фрагмент барабана (в): 1 – семя; 2 – проводники-электроды

Семя, поступающее на проводники-электроды, поляризуется: в нем наводятся заряды $+Q$ и $-Q$. При взаимодействии между ними и электрическим полем создается поляризационная сила F_n , притягивающая частицу к проводникам-электродам и, следовательно, к барабану.

Поляризационная сила может быть выражена следующими двумя адекватными зависимостями:

$$F_n = \frac{1}{2} \int_V E^2 \text{grad} \epsilon_a dV = \int_V n \bar{p}(\text{grad} E) dV, \quad (2.1)$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;

ϵ_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость семени, Ф/м;

V – объем частицы, м³;

n – число диполей в единице объема семени, $1/\text{м}^3$;

\bar{p} – электрический момент поляризованной молекулы семени, Кл.м.

Как видно из формулы (2.1), сила $F_{\text{п}}$ зависит от напряженности электрического поля, его неоднородности, поляризуемости семян, а последняя – от биологического состояния, химического состава, физических параметров. Необходимое условие возникновения силы $F_{\text{п}}$ – неоднородность электрического поля, которая и создается между проводниками-электродами сепаратора (рис. 2.2, а).

В неоднородном поле на поверхности семян, обращенной к положительно заряженному электроду, наводится отрицательный заряд $-Q$, а на противоположной стороне – положительный $+Q$ (рис. 2.2, а).

На эти заряды действует поле и, если оно неоднородно (\bar{E}_1 не равно \bar{E}_2), возникают две равные по направлению и величине силы (рис. 2.2, б):

$$\bar{F}'_{\text{п}} = -Q\bar{E}_1; \bar{F}''_{\text{п}} = +Q\bar{E}_2, \quad (2.2)$$

где \bar{E}_1, \bar{E}_2 – векторы напряженности электрического поля в местах нахождения зарядов $-Q$ и $+Q$.

Результирующая поляризационная сила равна

$$\bar{F}_{\text{п}} = \bar{F}'_{\text{п}} + \bar{F}''_{\text{п}}. \quad (2.3)$$

Значение силы $F_{\text{п}}$ зависит от соотношения диэлектрической проницаемости частицы ϵ_1 и среды ϵ_2 . При $\epsilon_1 > \epsilon_2$ частица втягивается в область наибольшей напряженности поля, возникающей в точке соприкосновения проводников-электродов, а при $\epsilon_1 < \epsilon_2$ выталкивается из этой области. Диэлектрическая проницаемость семени ϵ_1 больше диэлектрической проницаемости воздуха ϵ_2 , поэтому семя прижимается к электродам.

Используя теорему косинусов, получим

$$F_{\text{п}} = \sqrt{(F'_{\text{п}})^2 + (F''_{\text{п}})^2 + 2F'_{\text{п}}F''_{\text{п}} \cos \varphi}. \quad (2.4)$$

Из формулы (2.4) следует, что чем меньше расстояние между электродами (угол φ), тем больше результирующая поляризационная сила.

Таким образом, поляризационная сила зависит от напряженности электрического поля, диэлектрической проницаемости семян, других физико-химических параметров, а также от расстояния между электродами.

Так как поляризационная сила пропорциональна квадрату напряженности электрического поля:

$$\bar{F}_{\text{п}} = k\bar{E}^2, \quad (2.5)$$

где k – коэффициент пропорциональности, то при питании электродов переменным напряжением направление силы не меняется, но величина ее изменяется во времени с удвоенной частотой сети.

Среднее значение силы $F_{\text{п}}$ остается неизменным, если действующее значение переменного напряжения равно постоянному. Переменное напряжение предпочтительнее, так как в этом случае нет необходимости в выпрямляющем устройстве. Отличительная особенность диэлектрических сепараторов состоит в том, что близкое расположение проводников-электродов позволяет создать высокую напряженность электрического поля в зоне разделения семян при сравнительно низких напряжениях питания, меньших по сравнению с электростатическими и коронными сепараторами. Поэтому они более безопасны в эксплуатации и имеют меньшую стоимость.

В общем случае, помимо поляризационной силы $F_{\text{п}}$ на семя могут действовать и другие механические силы электрического поля. Результирующую силу $F_{\text{эл}}$, которую в отличие от механических сил неэлектрического происхождения (центробежной $F_{\text{цб}}$, силы тяжести $F_{\text{т}}$, силы трения $F_{\text{тр}}$ – рис. 2.3) называют электрической, можно представить в виде

$$F_{\text{эл}} = k_1 E^n, \quad (2.6)$$

где k_1 – постоянная, не зависящая от E ;

n – показатель степени ($1 < n < 2$).

Общий вид сепаратора представлен на рис. 2.1, а технические данные – в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные технические данные и характеристики сепаратора СДЛ-1

Наименование	Единицы измерения	Значение
Производительность, не менее:		
семена зерновых культур,	кг/ч	10
семена овощных культур		7
семена травяных культур		5
Напряжение питающей сети	В	220
Частота питающей сети	Гц	50
Максимальное напряжение на обмотке	кВ	5
Потребляемая мощность	кВт	0,5
Частота вращения барабана	Гц	0,33
Масса	кг	70
Количество обслуживающего персонала	чел.	1

Основным узлом сепаратора является барабан 7 (см. рис. 2.1). Бункер 1 предназначен для загрузки семян и обеспечения равномерной их подачи на барабан. Мотор-редуктор 5 осуществляет вращение барабана 7 и щетки 10, которая очищает барабан от пыли и неполноценных зерен. Кассеты 9 предназначены для приема семян после сепарации. Конечные выключатели 6 обеспечивают отключение сепаратора от сети при незакрытых защитных стеклах 8, снятых верхней и задней крышками. Розетка-блокировка (на задней стенке аппарата, на рис. 2.1 не показана) обеспечивает отключение от сети при снятии задней стенки. Вольтметр 13 контролирует величину высокого напряжения, подаваемого на рабочий орган барабана от высоковольтного трансформатора 12. Величину напряжения регулируют с помощью автотрансформатора 11. На панели управления 4 размещены органы управления и измерительные приборы. Электродвигатель 2 приводит во вращение загрузочный валик бункера.

Технологическая схема разделения (сортирования) семян представлена на рис. 2.3. Семена из бункера 1 поступают через щель, образованную стенкой бункера и задвижкой 7, подаются на вращающийся загрузочный валик 2 и затем на рабочий орган барабана 3.

В общем случае на семена, находящиеся на барабане, действуют силы (рис. 2.3): электрическая $\vec{F}_{эл}$, центробежная $\vec{F}_{цб}$, сила тяжести \vec{F}_T , сила трения $\vec{F}_{тр}$. Соотношение этих сил определяет траекторию

семян. Так, электрическая сила стремится прижать их к электродам, а центробежная – оторвать. Поскольку семена разнокачественные, т. е. различаются по физико-химическим и биохимическим свойствам, то при одном и том же напряжении на электродах будут действовать разные по величине электрические силы.

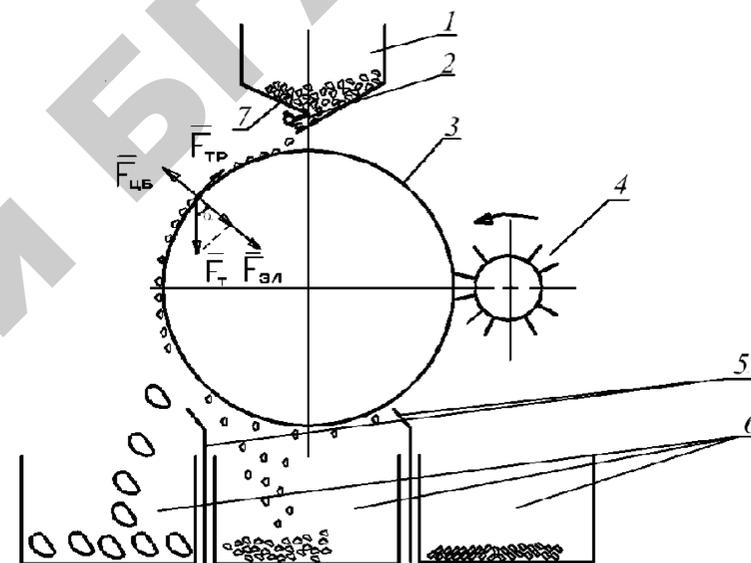


Рис. 2.3. Технологическая схема процесса сортирования семян на сепараторе СДЛ-1: 1 – бункер; 2 – загрузочный валик; 3 – барабан; 4 – щетка; 5 – перегородки; 6 – приемные устройства; 7 – задвижка. Силы, действующие на семя:

$\vec{F}_{эл}$ – электрическая; $\vec{F}_{цб}$ – центробежная; \vec{F}_T – сила тяжести; $\vec{F}_{тр}$ – сила трения

Условие равновесия семени на рабочем органе барабана имеет вид

$$F_{эл} + F_T \cos \alpha = F_{цб}. \quad (2.7)$$

Нарушение этого условия приводит к отрыву семени от барабана под тем или иным углом, называемым углом отрыва $\alpha_{отр}$ (рис. 2.3).

$$\cos\alpha_{\text{отр}} = (F_{\text{цб}} - F_{\text{эл}}) / F_{\text{т}} = \frac{F_{\text{цб}} - F_{\text{эл}}}{mq}, \quad (2.8)$$

где m – масса семени, кг;

q – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Следовательно, самые крупные и плотные семена слабее удерживаются на поверхности обмотки и падают в первую фракцию, менее крупные – во вторую. Самые же легкие и мелкие, т. е. семена с меньшей плотностью и массой, следовательно, и с меньшей энергией прорастания и всхожестью, сильнее притягиваются к поверхности электродов. Они очищаются щеткой и попадают в третью фракцию.

Принципиальная электрическая схема сепаратора приведена на рис. 2.4. Сепаратор включают выключателем $SA1$, при этом загорается индикатор $VD1$. Выключателем $SA2$ подают напряжение на мотор-редуктор $M1$. Конденсатор $C3$ обеспечивает однофазное включение трехфазного электродвигателя $M1$. Выключателем $SA3$

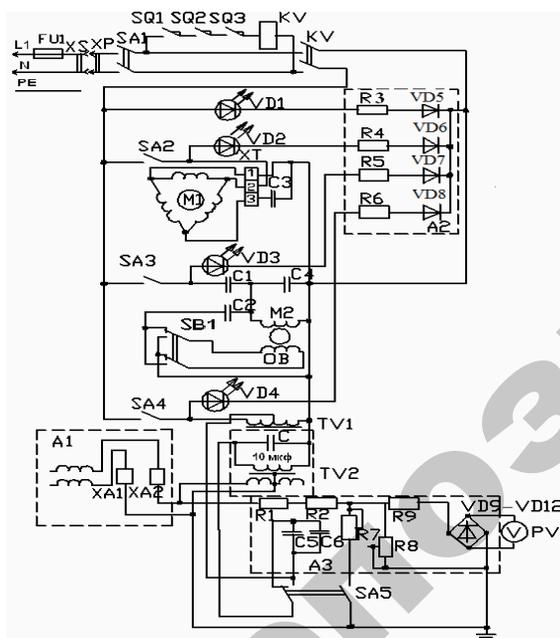


Рис. 2.4. Принципиальная электрическая схема сепаратора СДЛ-1

«Дозатор» включают электродвигатель $M2$ привода загрузочного валика бункера, при этом загорается индикатор $VD3$. Так как рабочее напряжение двигателя $M2$ составляет 127 В, питание его осуществляется через делитель $C1$, $C4$. Необходимое смещение фазы питающего напряжения в обмотке возбуждения осуществляется конденсатором $C2$.

Напряжение на барабан подается выключателем $SA4$ «Сепарация», при этом загорается индикатор $VD4$, включается автотрансформатор $TV1$ и подается напряжение на повышающий трансформатор $TV2$. Величину выходного напряжения регулируют (в пределах 0–1 кВ и 0–5 кВ) переключателем $SA5$ «Режим».

Диапазон 0–1 кВ получают при включении первичной обмотки $TV2$ через конденсаторы $C5$ и $C6$. Резисторами $R7$, $R8$, $R9$ осуществляют тарировку pV в диапазонах 0–1 кВ и 0–5 кВ.

Напряжения подводят к обмотке барабана с помощью скользящих контактов $XA1$, $XA2$.

Порядок включения сепаратора.

1. Убедиться в том, что защитные стенки закрыты полностью.
2. Включить сетевой шнур в розетку, установить выключатель «Сеть» в положение «Включено».
3. Установить выключатель «Сепаратор» в положение «Включено». В зависимости от культуры семян по таблице, расположенной на панели управления, установить вращением ручки автотрансформатора напряжение сепарации, контролируя напряжение по вольтметру.
4. Засыпать в бункер семена и установить выключатели «Барабан» и «Бункер» в положение «Включено».
5. Отрегулировать положение заслонки бункера таким образом, чтобы семена поступали на рабочий орган барабана равномерно в один слой.
6. В тех случаях, когда после одного пропуска через сепаратор не удастся получить желаемый результат, рекомендуется двух- или трехкратная обработка семян.
7. Для окончательного удаления семян из бункера нажатием кнопки (о) (позиция 14, рис. 2.1) реверсировать загрузочный валик.
8. После очистки бункера установить выключатели «Сеть», «Сепаратор», «Барабан», «Дозатор» в положение «Выключено», ручку автотрансформатора повернуть против часовой стрелки до упора.
9. Отключить сепаратор от сети.

Методика выполнения работы

1. Пункты 1, 2 и 3 задач работы (см. с. 16) выполняют при подготовке к лабораторной работе, используя настоящие методические указания и литературу [2]. К работе допускаются студенты, изучившие физические основы разделения семян в диэлектрическом сепараторе, принцип устройства, электрическую схему сепаратора.

2. На рабочем месте изучить устройство сепаратора, правила техники безопасности, последовательность операций по его подготовке к работе, включению, регулированию режимов. Необходимо проверить целостность заземления корпуса сепаратора, наличие диэлектрического резинового коврика.

3. После проверки выполнения правил безопасности и обслуживания включить сепаратор в сеть и убедиться в исправной работе механизмов (подачи семян, регулирования напряжения на рабочем органе и др.). Установить положение заслонки бункера, обеспечивающее поступление семян на барабан равномерно в один слой.

4. Провести опыты по определению эффективности разделения семян в сепараторе в зависимости от напряженности электрического поля и числа повторностей обработки для семян укропа. Напряженность поля изменяют, регулируя напряжение, подводимое к обмотке.

Исследования провести в следующей последовательности:

4.1. смешать и взвесить всю партию семян, представленную в опытах, определить их суммарную массу и записать в табл. 2.2;

Таблица 2.2

Эффективность сепарирования семян в зависимости от напряжения на электродах

U, кВ	Общая масса семян m _Σ , г	Фракции						C
		I		II		III		
		m _I , г	\bar{m}_I , %	m _{II} , г	\bar{m}_{II} , %	m _{III} , г	\bar{m}_{III} , %	
0,2								
0,3								
0,4								
0,5								

4.2. засыпать семена в бункер, обработать их, выполняя операции в последовательности, приведенной в разделе «Порядок включения сепаратора»;

4.3. после обработки отключить сепаратор, аккуратно собрать и взвесить семена каждой фракции (m_I, m_{II}, m_{III}), их массу записать в табл. 2.2;

4.4. смешать семена всех фракций, снова взвесить, установить новое значение напряжения на электродах, сепарировать, повторить все операции предыдущего пункта и так для всех 4-х значений напряжения на электродах;

4.5. произвести трехкратную обработку семян при одном и том же напряжении на электродах 0,5 кВ. Первый раз обработать как в предыдущем случае, в последующем – только семена первой фракции, полученные при предшествующей обработке. Данные записывать в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Эффективность сепарирования семян в зависимости от числа повторностей обработки

U, кВ	Общая масса семян m _Σ , г	Фракции						C
		I		II		III		
		m _I , г	\bar{m}_I , %	m _{II} , г	\bar{m}_{II} , %	m _{III} , г	\bar{m}_{III} , %	
1								
2								
3								

Обработать результаты и определить:

1) распределение семян (в %) по фракциям (классам) для каждого значения U на электродах. Для i-ой фракции:

$$\bar{m}_i = \frac{m_i}{m_{\Sigma}} \cdot 100; \quad (2.9)$$

2) степень очистки C (в относительных единицах) для каждого значения U, которую упрощенно определить по качеству отсепарированных малоценных семян и примесей, считая семена первой фракции наиболее качественными:

$$C = \frac{m_{\Sigma} - m_1}{m_{\Sigma}}. \quad (2.10)$$

В реальных условиях степень очистки определяют по массе 1000 отсепарированных семян по сравнению с массой 1000 семян до очистки;

3) построить графические зависимости:

степени очистки от напряжения на электродах $C = f(U)$ по данным табл. 2.2;

степени очистки от числа повторностей обработки $C = f(n)$ по данным табл. 2.3.

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Технологическая и электрическая схемы сепаратора.
3. Таблицы наблюдений и вычислений.
4. Графические зависимости.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличие электрических сепараторов семян от механических?
2. Какова природа механических сил электрического поля, действующих на семена в диэлектрическом сепараторе?
3. Опишите технологический процесс в сепараторе СДЛ-1, условие удержания семени на барабане сепаратора.
4. Расскажите об устройстве, принципе работы сепаратора СДЛ-1.
6. Объясните работу принципиальной электрической схемы сепаратора СДЛ-1.

Лабораторное занятие 3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРООЧИСТКИ И ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА

Цель работы: изучить устройство и принцип действия установок электроочистки и ионизации воздуха.

Задачи работы

1. Изучить действие электрических полей на заряженные частицы, способы зарядки частиц и ионизации воздуха.
2. Изучить устройство и принцип работы установок электроочистки и ионизации воздуха.
3. Исследовать влияние напряженности электрического поля на величину заряда частицы и степень очистки воздуха. Определить мощность фильтра, диапазон регулирования напряжения на электродах, расход энергии на очистку воздуха.
4. Определить зависимость потока аэроионов от напряжения на разрядной линии, мощность установки и расход энергии на ионизацию воздуха. Рассчитать длину разрядной линии и напряжение на ней применительно к аэроионизатору и помещению, которые показаны на рис. 3.2.

Общие сведения

Электроочистку воздуха относят к электронно-ионной технологии. В ее основе лежит механическое действие электрического поля на заряженные частицы с целью придания им упорядоченного движения, необходимого для осуществления технологического процесса. Например, сортировка и очистка зерносмеси, осаждение пестицидов, красок, лекарственных препаратов, фильтрация воздуха и др.

На заряженную частицу, находящуюся в воздушной среде в электрическом поле, действуют:

– сила тяжести

$$F_T = mg; \quad (3.1)$$

– сила электрического действия

$$F_3 = qE; \quad (3.2)$$

– сила, обусловленная неравномерностью электрического поля для сферической частицы

$$F_H = 2\pi\epsilon_0 a^3 \text{grad}E^2 (\epsilon_q - 1) / (\epsilon_q + 2); \quad (3.3)$$

– сила сопротивления среды

$$F_C = 0,5C_x \rho_{cp} (v_q - v_{cp})^2 S_q, \quad (3.4)$$

где m – масса частицы, кг;
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;
 q – электрический заряд частицы, Кл;
 E – напряженность электрического поля, В/м;
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная;
 ϵ_q – относительная диэлектрическая проницаемость частицы;
 a – радиус частицы, м;
 ρ_{cp} – плотность среды, кг/м³;
 $S_q = \pi a^2$ – площадь миделева сечения для сферической частицы, м²;
 v_q, v_{cp} – скорости движения частицы и среды, м/с;
 C_x – коэффициент сопротивления среды.

$$C_x = \frac{24(1 + 0,167Re^{2/3})}{Re}, \quad (3.5)$$

где Re – число Рейнольдса. В электрофильтрах $Re = (2-8) \cdot 10^3$.
 Суммарная сила

$$\bar{F} = \bar{F}_T + \bar{F}_3 + \bar{F}_H + \bar{F}_C \quad (3.6)$$

может перемещать или ориентировать частицу в электрическом поле и тем самым способствовать определенному технологическому процессу. Например, направлять заряженные частицы аэрозоли краски на окрашиваемое изделие.

Существуют различные способы зарядки частиц. Наиболее распространенный – путем осаждения ионов на поверхности частицы в поле коронного разряда. Осаждение ионов происходит под действием внешнего электрического поля, поля поляризации частицы, сил зеркального отображения и т. д. Предельный (максимальный) заряд наступает в тот момент, когда сила отталкивания между зарядами, находящимися на частице, равна сумме сил, притягивающих приближающиеся заряды.

Для непроводящих частиц размером более 2 мкм

$$q_m = 4\pi\epsilon_0 k_\Sigma a^2 E, \quad (3.7)$$

для проводящих –

$$q_m = 12\pi\epsilon_0 a^2 E, \quad (3.8)$$

где $k_\Sigma = 1 + 2(\epsilon_q - 1) / (\epsilon_q + 2)$. (3.9)

Заряд сферических частиц, находящихся на электроде в электрическом поле,

$$q_m = \frac{2\pi^3 E a^2}{3}. \quad (3.10)$$

Реальные значения заряда существенно ниже предельного из-за влияния контактного сопротивления, концентрации частиц, стекания заряда и других факторов.

Основной характеристикой электрофильтров является степень очистки газов η .

$$\eta = 1 - \exp(-\chi v_{oc} S / \omega), \quad (3.11)$$

где v_{oc} – скорость движения частиц к осадительному электроду, м/с;
 S – площадь осадительных электродов, м²;

ω – объемный расход воздуха (газа), м³/с;

$\chi = 1, 1-1,3$ – поправочный коэффициент.

Скорость осаждения частиц в пластинчатых электрофильтрах

$$v_{oc} = B_K E_{oc}, \quad (3.12)$$

где B_K – подвижность частицы с учетом поправок, м²/(В·с);

E_{oc} – напряженность поля у осадительного электрода, В/м.

Ионизация воздуха также относится к области электронно-ионной технологии. В ее основе лежит искусственное придание отрицательного заряда молекулам кислорода с целью положительного влияния на продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы.

В воздухе имеют место положительно и отрицательно заряженные молекулы кислорода и частицы пыли, влаги и т. д. Последние названы «легкими» аэроионами. Благоприятное воздействие на животных оказывают отрицательно заряженные молекулы кислорода (легкие, отрицательные аэроионы), которые стимулируют биологические процессы в организме животных.

Уровень естественной ионизации воздуха составляет вне помещений (700–1000)10⁶ легких отрицательных ионов в 1 м³ воздуха, а в помещении может быть менее 100·10⁶ ион/м³.

Приведенные в табл. 3.1 концентрации и режимы являются ориентировочными. Предельная концентрация аэроионов составляет не более 10¹² ионов в м³.

Таблица 3.1

Зоотехнические рекомендации по дозам ионизации воздуха в помещениях

Вид животных, птиц	Концентрация отрицательных аэроионов, 10 ¹¹ ион/м ³	Режим аэроионизации
Телята до 11 месяцев	2–3	Ежедневно по 6–8 ч
Коровы	2–3	В течение 15–20 дней по 5–8 ч/сут
Быки-производители	2,5	В течение 2 мес. по 8–10 ч/сут, перерыв на 20–30 дней, повтор
Поросята, свиньи	3–5	В течение 3–4 недель по 0,5 часов 2 раза в день, повтор через 1 месяц

Вид животных, птиц	Концентрация отрицательных аэроионов, 10 ¹¹ ион/м ³	Режим аэроионизации
Цыплята 3–60 дней	0,25	Ежедневно по 1–4 ч
Бройлеры	0,6–0,7	С 3-х по 65-е сутки продолжительность увеличивают с 0,5 до 3 ч/сут, 7 дней – воздействие, 5 дней – пауза
Молодняк птицы 2–5 месяцев	0,2–1,6	Увеличение продолжительности аэроионизации с возрастом от 0,5 до 9–12 ч/сут
Куры-несушки	1,5–2,5	Увеличение продолжительности аэроионизации с возрастом от 4 до 12 ч/сут. Чередование: 1 месяц – ионизация, 1 месяц – перерыв
Инкубаторы	0,13	19 дней круглосуточно

Существуют различные способы ионизации. Наиболее распространенный – электрическая ионизация в поле коронного разряда.

Коронный разряд возникает между электродами, к которым приложено напряжение определенной величины. С уменьшением радиуса электрода снижается напряженность поля образования короны:

$$E_i = 3,04 \cdot 10^6 (\delta + 0,0311 \sqrt{\delta \cdot R_1}), \quad (3.13)$$

где E_i – критическая (минимальная) напряженность возникновения коронирующего разряда, В/м;

$\delta = \rho/\rho_0$ – относительная плотность воздуха;

R_1 – радиус коронирующего электрода.

Корона может быть как отрицательной, так и положительной. Чаще используют отрицательную корону, поскольку в этом случае напряжение возникновения разряда ниже.

У поверхности коронирующего электрода при достаточной величине напряженности электрического поля возникают условия для ударной ионизации. Любой свободный заряд ускоряется в этом электрическом поле и за время свободного пробега приобретает кинетическую энергию, достаточную для ионизации молекулы воздуха при

взаимодействию с ней. Кроме того, происходит возбуждение молекул воздуха, которые испускают оптическое излучение, в том числе и в видимой области спектра. Поток электронов и ионов у коронирующего электрода нарастает. Часть электронов попадает из коронирующего, приэлектродного слоя во внешнюю область короны и в среднем через $2 \cdot 10^5$ столкновений с молекулами воздуха за время 10^{-8} с присоединяются к нейтральным молекулам кислорода и образуют отрицательные аэроионы O_2^- . Далее отрицательные аэроионы перемещаются в электрическом поле к осадительному электроду и с окружающим воздухом попадают в дыхательные пути животных и птицы.

В общем случае ионизатор воздуха состоит из коронирующего (разрядного) устройства и источника питания высокого напряжения (15–25 кВ) постоянного тока.

Разрядное устройство может быть выполнено в виде набора острых игл (рис. 3.1) или металлического провода с хлопчатобумажной оплеткой типа ПБД, ПВБД (рис. 3.2), расположенных в помещении. Для получения отрицательных аэроионов к иглам или металлической жиле провода подключают отрицательный полюс высоковольтного источника питания, а положительный полюс заземляют. Коронный разряд возникает у острия игл или у ворсинок хлопчатобумажной оплетки провода. Осадительным электродом, к которому направляются отрицательные аэроионы, служат элементы помещения (пол, стены) и технологическое оборудование.

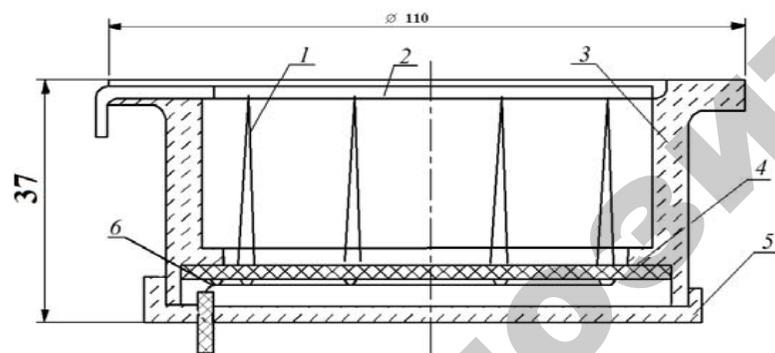


Рис. 3.1. Игольчатый электроразрядник:
1 – игла швейная №3; 2 – провод экранирующий; 3 – корпус; 4 – основание для крепления игл; 5 – крышка изоляционная; 6 – провод токоподводящий

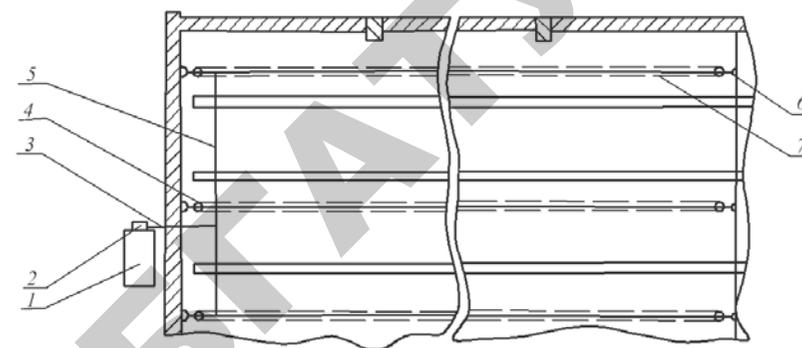


Рис. 3.2. Схема размещения аэроионизационной установки в животноводческом помещении: 1 – щит силовой; 2 – блок питания аэроионизатора; 3, 5 – кабель РК-75-17-21, соединяющий блок питания с разрядной линией; 4 – изоляторы; 6 – трос; 7 – линия разрядная (провод ПБД 1×2)

Источниками питания установок фильтрации и ионизации воздуха служат высоковольтные выпрямители, собранные по схеме умножения напряжения (рис. 3.3). Сетевое напряжение повышается трансформатором $TV1$ до U_2 и схемой умножения $C1-C6$ и $VD1-VD6$ до $n\sqrt{2}U_2$, где n – число каскадов, образующих схему умножения. Сопротивление R ограничивает ток источника питания до величины, безопасной для человека (4 мА). Мощность коронного разряда составляет от сотых до десятых долей ватта. Мощность блока питания не превышает 3–5 Вт.

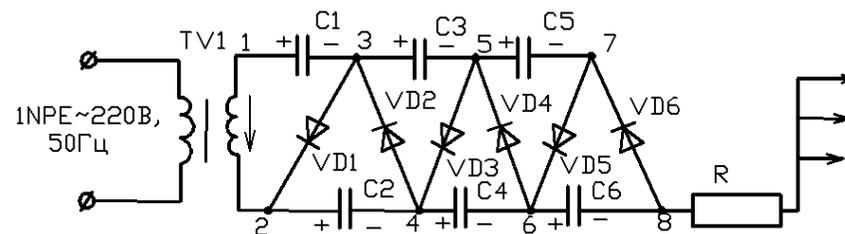


Рис. 3.3. Схема умножения напряжения

Минимальное напряжение U_i на разрядной линии (рис. 3.2), необходимое для зажигания коронного разряда,

$$U_i = 30,3 \cdot 10^5 \left(1 + \frac{0,0298}{\sqrt{R_1}}\right) R_1 \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad (3.14)$$

где R_1, R_2 – радиусы кривизны коронирующего и собирающего электродов, м.

Напряжение, необходимое для создания требуемой концентрации n аэроионов,

$$U = U_i + \frac{neR_2^2}{4\epsilon_0}, \quad (3.15)$$

где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд аэроиона, принятый равным заряду электрона;
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная.

Напряжение на разрядной линии с учетом падения напряжения на сопротивлении, ограничивающем ток в самой линии,

$$U_0 = \frac{U^2}{(1 - C)(2U - U_i)}, \quad (3.16)$$

где $C = 0,4$ – коэффициент стабильности разряда.

Разрядный ток на единицу длины линии

$$i = \frac{8\pi\epsilon_0 k U (U - U_i)}{R_2^2 \ln R_2 / R_1}, \quad (3.17)$$

где $k = 1,84 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с) – подвижность отрицательных ионов кислорода.

Ток разрядной линии

$$I = il, \quad (3.18)$$

где l – длина линии, м.

Поток аэроионов с единицы длины коронирующего электрода

$$N = \frac{i}{l}. \quad (3.19)$$

Установка электроочистки и ионизации воздуха (рис. 3.4, а) сочетает электрофильтрацию и ионизацию воздуха. Предназначена для использования в птицеводческих и животноводческих помещениях.

Запыленный воздух из помещения проходит между заряжающими и осадительными пластинами фильтра, очищается и поступает опять в помещение. Частицы пыли получают заряд в заряжающей секции и оседают на электродах осадительной секции. Пыль удаляют с пластин путем их периодической мойки водой из шланга.

Нижние кромки стальных электродов выполнены в виде острых зубьев, провоцирующих коронный разряд, в поле которого происходит ионизация воздуха.

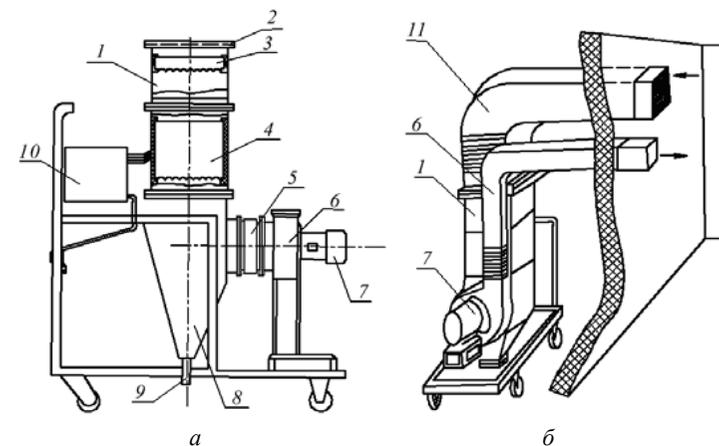


Рис. 3.4. Установка электроочистки и ионизации воздуха УОВ-1 (а) и схема размещения ее в помещении (б): 1 – электрофильтр-аэроионизатор; 2 – сетка защитная; 3 – пластина секции заряжающей; 4 – пластина секции осадительной; 5 – вставка виброгасительная; 6 – воздуховод нагнетательный; 7 – электропривод вентилятора; 8 – пылеуловитель; 9 – патрубок удаления пыли; 10 – блок управления и питания; 11 – воздуховод заборный

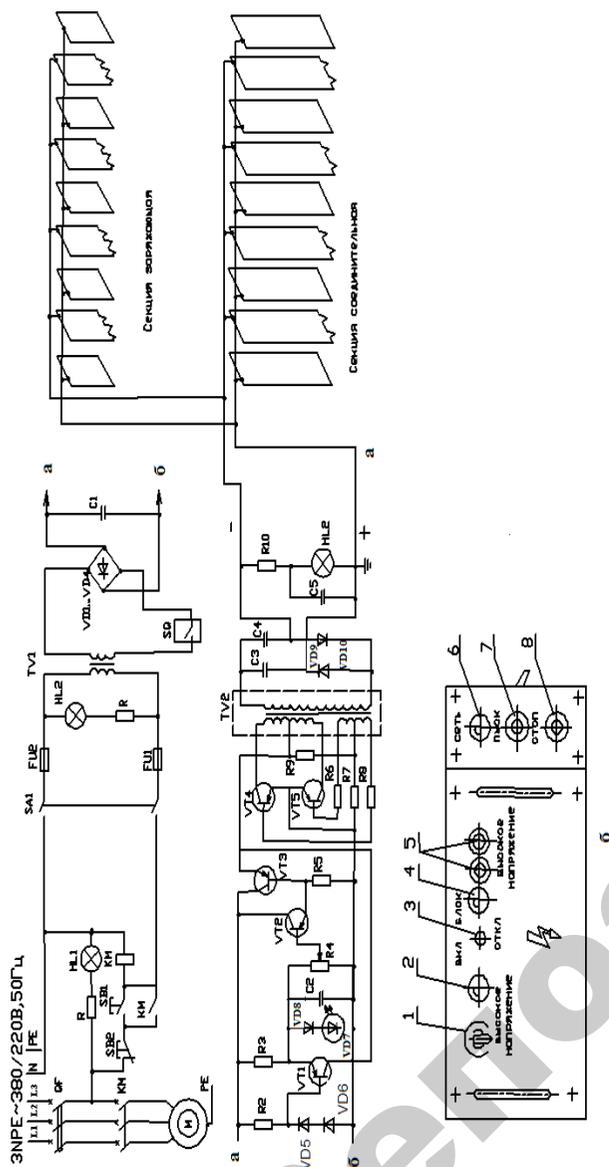


Рис. 3.5. Схема принципиальная электрическая (а) установки УОВ-1: 1 – регулятор напряжения; 2 – лампа «Высокое напряжение»; 3 – тумблер включения блока; 4 – лампа «Блок высоковольтный»; 5 – предохранитель; 6 – лампа «Сеть»; 7, 8 – кнопки включения электродвигателя вентилятора

Блок управления установкой (рис. 3.5) состоит из панели управления работой вентилятора и блока повышения сетевого напряжения до 8 кВ. Высоковольтный блок содержит: понижающий трансформатор *TV1* 220/32 В; выпрямитель *UD1–UD4*; конденсатор *C1*, сглаживающий пульсацию выпрямленного напряжения; стабилизатор-регулятор напряжения со схемой защиты от перегрузки и короткого замыкания, выполненный на транзисторах *VT1, VT2, VT3*; преобразователь постоянного тока в ток повышенной частоты на транзисторах *VT4, VT5* и трансформаторе *TV2*; схему удвоения напряжения, выполненную на конденсаторах *C3, C4* и диодах *VD9, VD10*. Высокое напряжение регулируют резистором *R4*.

Установку размещают или в помещении, где очищают воздух, или в подсобном помещении (рис. 3.4, б), в котором желательно иметь водопровод для промывки фильтра один раз в две недели и слив загрязненной воды.

Методика выполнения работы

1. Изучить действие электрического поля на заряженные частицы в воздухе, способы зарядки частиц и молекул кислорода по описанию работы и литературе [2, 3]. Узнать факторы, влияющие на заряд частицы и действующие на нее силы. Уметь определить напряжение, необходимое для получения требуемой степени очистки газов или создания необходимой концентрации аэроионов в воздухе.

2. Изучить на лабораторном оборудовании и по рисункам устройство и принцип работы установок. Измерить конструктивные параметры установки очистки и ионизации воздуха УОВ-1 и электрического проволочного ионизатора, необходимые для дальнейших расчетов (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Конструктивные и технологические параметры установок

Установка очистки воздуха УОВ-1				Проволочный ионизатор воздуха		
$S, \text{ м}^2$	$n_3, \text{ шт.}$	$d, \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R_1, \text{ м}$	$R_2, \text{ м}$	$L, \text{ м}$

В табл. 3.2: S – площадь электрода осадительной секции; n_3 – число электродов осадительной секции; d – расстояние между

электродами в осадительной секции; $\omega = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ – подача воздуха; R_1, R_2 – радиусы кривизны коронирующего и осадительного электродов; L – длина разрядной линии.

Радиус коронирующего электрода R_1 принять равным радиусу волокон хлопчатобумажной оплетки разрядного провода. Замерить его микрометром. Радиус осадительного электрода R_2 принять равным высоте подвеса разрядной линии.

3. Определить влияние напряженности электростатического поля E на степень очистки воздуха и величину заряда частицы q_m расчетным методом по формулам (3.7), (3.11), (3.13). Принять $B_k = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, $\epsilon_q = 2-6$, $a = (1-4) \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Значения η и q_m найти для 3–4 значений E . Напряжение на электродах регулировать в диапазоне от U_{\min} до U_{\max} резистором R4 (рис. 3.5).

Мощность фильтра (Вт) $P = UI$, где U, I – напряжение и ток фильтра.

Расход энергии на фильтрацию воздуха (Дж/м³)

$$W = \frac{P}{\omega} \quad (3.20)$$

Результаты расчетов представить в виде табл. 3.3.

Таблица 3.3

Зависимость степени очистки воздуха от напряженности электрического поля

U , В	I , А	E , В/м	q_m , Кл	v_{oc} , м/с	η , о.е.	P , Вт	W , Дж/м ³

4. Зависимость потока N аэроионов от напряжения на разрядной линии U , мощность P аэроионизатора и расход энергии W определить расчетным и экспериментальными методами, используя зависимости (3.17), (3.18), (3.19). Результаты расчетов записать в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Зависимость потока аэроионов, мощности и расхода энергии на ионизацию от напряжения на разрядной линии

U , В	I , А	i , А/м	N , ион/м	n , ион/м ³	P , Вт	W , Дж/м ³	l_p , м

В табл. 3.4: I – ток разрядной линии; i – разрядный ток на единицу длины линии; $n = Ni_p/V$ – средняя концентрация аэроионов в помещении объемом V ; $P = UI$ – мощность аэроионизатора; $W = P\tau/V$ – расход энергии на ионизацию воздуха. Расчетная длина разрядной линии в помещении (рис. 3.2)

$$l_p = \frac{n_p V_{\Pi}}{N} \quad (3.21)$$

где n_p – рекомендуемая концентрация аэроионов в помещении, ион/м³, принять из табл. 3.1;

V_{Π} – объем помещения, м³. Размеры помещения принять из рис. 3.2, высота помещения равна 4 м.

Напряжение на разрядной линии в помещении (рис. 3.2) определить по формулам (3.14), (3.15).

Содержание отчета

1. Цель, задачи работы.
 2. Таблицы с результатами исследований.
 3. Графические зависимости $\eta, q_m(E); N, n(U)$.
 4. Мощность и расход энергии на фильтрацию и аэроионизацию.
- Расчетные значения l_p и U_0 для разрядной линии в помещении (рис. 3.2).
5. Выводы по задачам и результатам работ.

Контрольные вопросы

1. Перечислите способы зарядки частиц.
2. Какие силы действуют на заряженные частицы в электрическом поле?
3. Расскажите о физических основах электрофильтрации и ионизации воздуха.
4. Расскажите об устройстве и принципе работы установки УОВ-1.
5. Объясните работу принципиальной электрической схемы управления УОВ-1, схемы умножения напряжения.

ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: изучить устройство, принцип действия, электрические схемы технологических ультразвуковых установок, приобрести навыки по их обслуживанию и испытанию.

Задачи работы

1. Изучить природу, характеристики, технологические свойства, области применения ультразвука.
2. Изучить устройство, принцип действия, электрические схемы генераторов УЗГ-3-04 с ванной лужения, УЗВЛ-0,4 и ультразвуковой установки УЗУ-0,25, приобрести навыки работы с ними.
3. Настроить генератор УЗГ-3-04 на оптимальный режим работы и определить основные энергетические параметры установки.
4. Исследовать интенсивность ультразвуковых колебаний в ванне установки УЗУ-0,25, провести опыты по некоторым технологическим проявлениям ультразвука.

Общие сведения

Ультразвук представляет собой периодические механические колебания в твердых, жидких и газообразных средах, обладающих упругими свойствами, с частотой, лежащей выше порога слышимости человеческого уха (выше 16 кГц). Верхний предел частоты ультразвуковых колебаний – 10^{10} Гц.

Возбуждают ультразвук с помощью вибраторов (преобразователей), которые преобразуют механическую или электрическую энергию в механические колебания частиц среды путем создания в ней периодических повторяющихся упругих напряжений. Эти напряжения, в свою очередь, возбуждают колебания соседних частиц и т. д. – ультразвуковые колебания распространяются от частицы к частице, каждая из которых колеблется около некоторого среднего положения равновесия. Колебание частицы во времени имеет волновой характер и в первом приближении подчиняется синусоидальному закону

$$b = B \sin \omega t, \quad (4.1)$$

где b – смещение частиц относительно положения равновесия;

B – амплитуда смещения;

$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ – круговая частота ($T = 1/f$ – период);

τ – время.

Как физическое явление, ультразвук относится к области акустики: излучение, распространение и поглощение упругих колебаний в различных средах подчиняются общим законам акустики. Ультразвуковая технология (использование ультразвука в технологических процессах) является частью электротехнологии, так как получение ультразвука основано преимущественно на преобразовании электрической энергии в энергию механических (акустических) колебаний упругих сред.

В среде, в которой возбуждается ультразвук, создается ультразвуковое поле. Основными параметрами, характеризующими ультразвуковое поле, являются: звуковое давление P , плотность энергии W , интенсивность ультразвука I , скорость распространения ультразвуковой волны c .

Давление ультразвуковой волны в некоторой точке поля, определяемой координатой x , является переменным, изменяясь по гармоническому закону:

$$P = \rho c B \omega \cos \omega(\tau - x/c) = P \cos \omega(\tau - x/c), \quad (4.2)$$

где $P = \rho c B \omega = z_a U$ – амплитудное значение давления, Па;

$V = B \omega$ – амплитуда скорости смещения частиц, м/с;

$z_a = \rho c$ – удельное акустическое сопротивление среды, (Па·с)/м;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость распространения ультразвуковой волны;

x – текущая координата.

Величину $\omega(\tau - x/c)$ называют фазой волны.

Скорость распространения продольной ультразвуковой волны:

– в жидких средах

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \beta}}, \quad (4.3)$$

– в твердых телах

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (4.4)$$

где β – сжимаемость среды, Па^{-1} (для воды $\beta = 47 \cdot 10^{-11} \text{ Па}^{-1}$);
 E – модуль упругости Юнга (для железа $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$).
Плотность энергии (средняя за период колебаний T)

$$W = \frac{1}{2} \rho V^2 = \frac{1}{2} \rho B^2 \omega^2. \quad (4.5)$$

Интенсивность (сила) ультразвука – поток ультразвуковой энергии в единицу времени через единичную поверхность, расположенную перпендикулярно направлению распространения ультразвуковой волны:

$$I = \frac{1}{2} PV = \frac{1}{2} \rho c V^2 = \frac{1}{2} z_a V^2. \quad (4.6)$$

Интенсивность ультразвуковых колебаний, используемых в технике, изменяется от 10^{-2} Вт/м^2 до 10^6 Вт/м^2 , а в установках специального назначения достигает 10^7 Вт/м^2 .

Ультразвук используют в технологических процессах и измерительной технике в соответствии с его проявлениями (эффектами), наблюдаемыми в средах при возбуждении в них ультразвука. Основные из них следующие: акустические, механические, термические, биологические.

Акустические проявления состоят в том, что ультразвук распространяется, частично или полностью поглощается, отражается (на границах раздела фаз) в соответствии с законами акустики. Эти свойства ультразвука используют в измерительной технике и дефектоскопии, применяя слабые интенсивности колебаний (10^{-2} – 10^2 Вт/м^2).

Механические проявления ультразвука наблюдаются в газообразных и жидких средах. К ним относятся переменное давление и переменный поток частиц, радиационное давление, кавитация (в жидких

средах), поверхностное трение, диспергирование твердых тел, коагуляция частиц, разделение частиц, дегазация жидкостей и т. д.

Термические проявления состоят в том, что среда, в которой происходит распространение колебаний, поглощает часть энергии колебаний, которая переходит в тепловую и нагревает среду, а также расходуется на изменение структуры вещества.

Биологические проявления заключаются во влиянии ультразвука на изменение скорости протекания физиологических процессов в биологических объектах (высших и низших). При высокой интенсивности ультразвука это может привести к необратимым повреждениям и даже отмиранию тканей.

В технологических процессах используют, главным образом, механические проявления ультразвука при высокой его интенсивности (более 10^3 Вт/м^2). Области технологического использования ультразвука чрезвычайно обширны: очистка и мойка деталей; сверление, фрезерование, резка, долбление глухих отверстий в материалах, обладающих большой ударной хрупкостью (стекло, керамика, кварц, сверхтвердые сплавы); сварка и пайка металлов (в том числе и алюминия), пластмасс с металлами, очистка дымовых газов; смешивание несмешивающихся жидкостей (масел с водой и т. п.), приготовление эмульсий; пастеризация и гомогенизация молока; предпосевная обработка семян и др.

Ультразвуковые преобразователи предназначены для преобразования электрической энергии ультразвуковой частоты в энергию механических колебаний и подвода их к объекту воздействия. Бывают пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи. Магнитострикционные преобразователи основаны на магнитострикционном эффекте, состоящем в изменении геометрических размеров тел, выполненных из магнитострикционных материалов (железо, никель, сплавы альфер, пермендюр и др.) в переменном магнитном поле. Пьезоэлектрические преобразователи основаны на обратном пьезоэлектрическом эффекте, состоящем в изменении геометрических размеров некоторых тел (кристаллы кварца, керамика, титанат бария, цирконат, титанат свинца (ЦТС) и др.) в переменном электрическом поле.

Конструктивное выполнение преобразователей может быть весьма разнообразным в зависимости от технологического назначения, мощности, частоты, условий работы. Некоторые виды преобразователей приведены на рис. 4.1.

Ультразвуковые генераторы предназначены для преобразования электрической энергии промышленной частоты в энергию переменного тока ультразвуковой частоты, необходимой для питания преобразователей (магнитострикционных или пьезоэлектрических). Генератор может питать различные по назначению преобразователи, дополнительные устройства и приспособления (ультразвуковые ванны, механизмы подачи и др.). Генераторы могут быть ламповыми, транзисторными, тиристорными, машинными. В лаборатории представлены ультразвуковой генератор УЗГ-3-04 и ультразвуковая установка УЗУ-0,25.

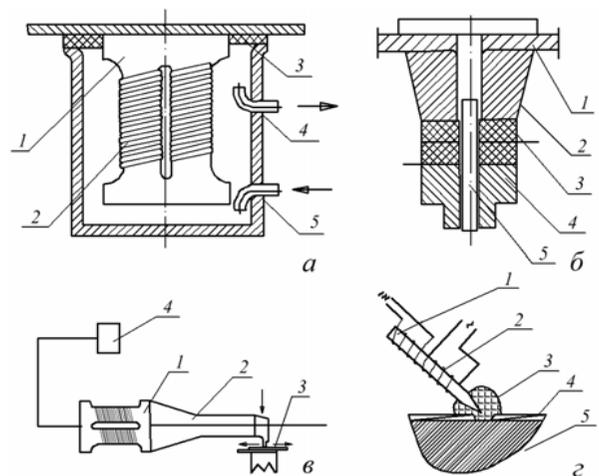


Рис. 4.1. Некоторые виды ультразвуковых преобразователей:

а – магнитострикционный преобразователь типа ПМС: 1 – магнитострикционный пакет; 2 – обмотка; 3 – излучающая пластина; 4, 5 – выход и вход охлаждающей воды; *б* – пьезокерамический преобразователь: 1 – дно или стенка оборудования; 2, 4 – накладки; 3 – пьезокерамическая пластина; 5 – стяжной болт с излучающей головкой; *в* – магнитострикционный преобразователь с концентратором для ультразвуковой сварки: 1 – магнитострикционный пакет с обмоткой; 2 – концентратор ультразвука; 3 – свариваемые детали; 4 – генератор; *г* – схема ультразвукового паяльника: 1 – магнитострикционный пакет с обмоткой, питаемой от ультразвукового генератора; 2 – нагревательная обмотка; 3 – припой; 4 – окисная пленка; 5 – деталь

Генератор УЗГ-3-04 является источником электрической энергии ультразвуковой частоты для питания ванн очистки и лужения, сварочного пистолета, паяльника.

Ультразвуковая установка УЗУ-0,25 предназначена для очистки мелких деталей. Технические характеристики приведенного оборудования представлены в табл. 4.1.

Генератор УЗГ-3-04 изготовлен в соответствии с принципиальной электрической схемой (рис. 4.2) и состоит из следующих узлов: автогенератора, анодного выпрямителя, выпрямителя тока подмагничивания, выпрямителя экранной сетки, феррорезонансного стабилизатора напряжения накала, цепей управления и защиты. Автогенератор выполнен на тетроиде $VZ1$ по схеме двухконтурного автогенератора. Контур в цепи управляющей сетки лампы, включающий элементы $L1, C13-C18$, используется для получения обратной связи. В зависимости от рода работы переключатель $SA4$ устанавливают в одно из следующих положений: ВО – ванна для очистки, ВЛ – ванна для лужения, ПС – для сварочного пистолета, П – для паяльника. Каждому из положений соответствуют свои параметры сеточного контура и, следовательно, частота, приведенная в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики ультразвукового оборудования

Параметры	УЗГ-3-04	УЗУ-0,25
Мощность генератора, кВт:		
- выходная	0,4	0,25
- потребляемая	1,1	0,45
Напряжение, В:		
б выходное	20...220	–
питающее сетевое	220	220
Преобразователь	магнитострикционный	пьезоэлектрический
Частота, Гц:		
- питающей сети	50	
- генератора:		50
в положении ВО	$(17,5-19,3) \cdot 10^3$	$18 \cdot 10^3$
в положении ВЛ	$(20,4-23,0) \cdot 10^3$	
в положении П и ПС	$(39,6-45,0) \cdot 10^3$	
Ток подмагничивания, А	2–6	–
Масса, кг	60	30

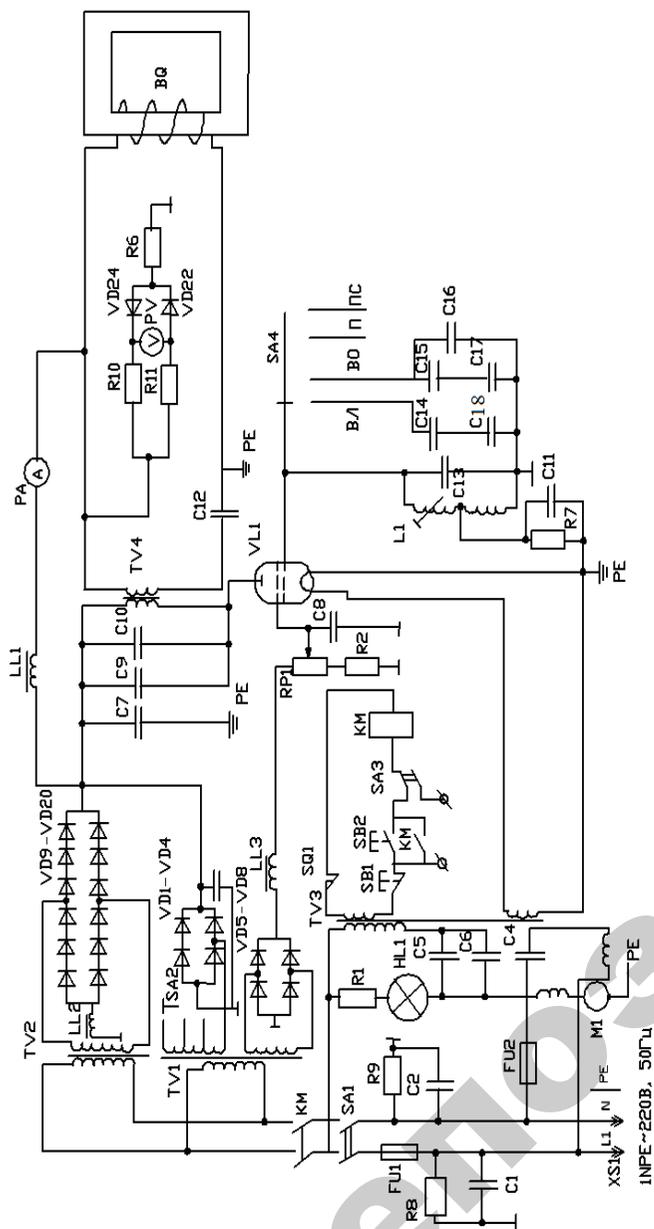


Рис. 4.2. Принципиальная электрическая схема генератора УЗГ-3-04

Анодный колебательный контур образован первичной обмоткой выходного трансформатора *TV4* и конденсаторами *C9*, *C10*. Напряжение вторичной обмотки трансформатора *TV4* через разделительный конденсатор *C12* подается на нагрузку и контролируется вольтметром *pV*.

Выходное напряжение регулируется плавно переменным резистором *RP1* и ступенчато переключением витков вторичной обмотки *TV2*. Смещение на управляющую сетку автоматическое, за счет падения напряжения от постоянной составляющей катодного тока на резисторе *R7*. Анодный выпрямитель собран по однофазной мостовой схеме на выпрямительных столбах *VD9–VD20*. В каждом плече моста включено по три последовательно соединенных столба. Выпрямитель питает автогенератор выпрямленным напряжением при токе 0,35 А (напряжение 2,5 В). Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения применен фильтр *C7*, *LL2*.

Выпрямитель тока подмагничивания служит для обеспечения эффективной работы магнотриксционного преобразователя. Он собран на диодах *VD1–VD4* по однофазной мостовой схеме и рассчитан на выпрямленный ток от 2 до 5 А. В схеме предусмотрена ступенчатая регулировка тока подмагничиванием магнотриксционного преобразователя путем постановки пакетного переключателя *SA2* в положение, соответствующее подключенному технологическому оборудованию.

Выпрямитель экранной сетки собран по однофазной мостовой схеме на кремниевых диодах *VD5–VD8*. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения имеется фильтр (*LL3*, *C8*). Выпрямленное напряжение регулируют переменным резистором *RP1* в пределах от 60 до 220 В.

Для поддержания напряжения накала генераторной лампы и напряжения обмотки реле *KM* в допустимых пределах при произвольных изменениях напряжения в сети в генераторе имеется феррорезонансный стабилизатор напряжения. Для стабилизации используется свойство глубокого насыщения сердечника трансформатора *TV3*. Напряжение накала лампы *VL1* подают выключателем *SA1*. Анодное, экранное напряжение и ток подмагничивания включают нажатием кнопки *SB2* «Пуск».

Микровыключатель *SQ1* служит для защиты от включения высокого напряжения генератора при снятом кожухе.

Выключатель *SA3* имеет два положения: «Местное» и «Дистанционное». В первом из этих положений оператор включает колеба-

ния с передней панели генератора, а во втором – с места установки технологического оборудования.

Ультразвуковая установка УЗУ-0,25 состоит из генератора и ванны. Принципиальная электрическая схема установки приведена на рис. 4.3.

Включение установки производят выключателем *SA*. Питание от трансформатора *TV1* подается через диод *VD1* на задающий генератор, собранный на транзисторе *VT1* по схеме с индуктивной обратной связью и колебательным контуром.

Электрические колебания ультразвуковой частоты, возникающие в задающем генераторе, подаются на вход предварительного усилителя мощности трансформатором *TV2*.

Предварительный усилитель мощности состоит из двух ступеней, одна из которых собрана на транзисторах *VT2*, *VT3*, вторая – на транзисторах *VT4*, *VT5*. Обе ступени предварительного усиления мощности собраны по последовательно-двухтактной схеме, работающей в режиме переключения. Ключевой режим работы транзисторов позволяет получить достаточно высокий КПД.

Цепи баз транзисторов первой и второй ступеней усиления мощности подключены к отдельным, включенным встречно обмоткам возбуждения *TV2*, *TV5*. Это обеспечивает двухтактную работу транзисторов, т. е. поочередное включение.

Автоматическое смещение транзисторов обеспечивается резисторами *R3–R6* и конденсаторами *C6*, *C7* и *C10*, *C11*, включенными в цепь базы каждого транзистора.

Переменное напряжение возбуждения подается на базу через конденсаторы *C6*, *C7* и *C10*, *C11*, а постоянная составляющая базового тока, проходя через резисторы *R3–R6*, создает на них падение напряжения, обеспечивающее надежное открывание и закрывание транзисторов.

Вторая ступень усилителя мощности состоит из трех ячеек, каждая из которых собрана на двух транзисторах, работающих в режиме переключения. Возбуждение от предварительного усилителя мощности подается на каждый транзистор с отдельной обмоткой трансформатора *TV4*, причем в каждой ячейке эти напряжения противофазные. С трансформаторных ячеек переменное напряжение подается на обмотки трансформатора *TV3*, где происходит сложение мощностей, и с выходной обмотки трансформатора напряжение подается на пьезоэлектрические преобразователи *BQ1–BQ3*.

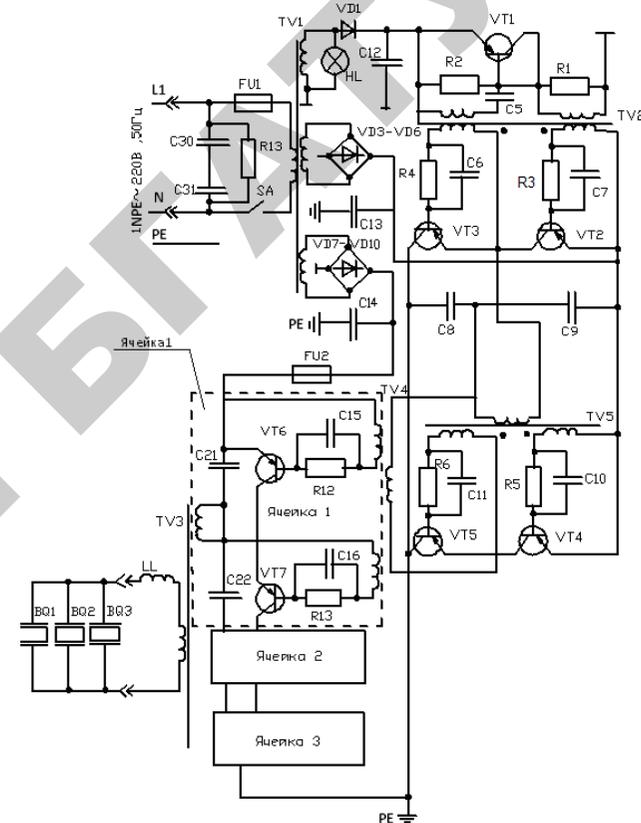


Рис. 4.3. Принципиальная электрическая схема генератора УЗУ-0,25

Так как транзисторы работают в режиме переключения, то выходное напряжение имеет прямоугольную форму, содержащую гармоники. Для выделения 1-й гармоники напряжения на преобразователе к выходной обмотке трансформатора *TV3* последовательно с преобразователем включена катушка *LL*, индуктивность которой рассчитана таким образом, что с собственной емкостью преобразователя она составляет колебательный контур, настроенный на 1-ю гармонику напряжения. Это позволяет получить на нагрузке синусоидальное напряжение, не меняя энергетически выгодного режима транзисторов.

Методика выполнения работы

Изучение электрических схем и конструкций установок, правил настройки и обслуживания, а также основных применений ультразвука производится предварительно при подготовке к лабораторной работе по рекомендованной литературе и в соответствии с настоящими указаниями.

В данной работе ультразвуковой генератор УЗГ-3-04 укомплектован ванной лужения УЗВЛ-0,4 с магнитострикционным преобразователем, поэтому переключатель *S4* устанавливают в положение ВЛ. Припой помещают в ванночку, соединенную с магнитострикционным преобразователем. Припой плавят с помощью специального (встроенного в УЗВЛ-0,4) электрического нагревателя. В расплавленном припое возбуждаются ультразвуковые колебания, которые снимают окисные пленки со спаиваемых, например, алюминиевых деталей, и надежно их залуживают.

По условиям охраны труда работу с припоем в учебной лаборатории производить нельзя. Вместо припоя в ванночку помещают другой материал (по указанию преподавателя). Для проведения испытаний установка оборудована необходимыми приборами (рис. 4.4). Последовательность операций по вводу установки в работу такова. Посредством штепсельной вилки *XS1* и шнура на генератор подают питание от сети 220 В, 50 Гц. Одновременно с включением вилки в сеть начинает работать электродвигатель *M1* вентилятора (рис. 4.2).

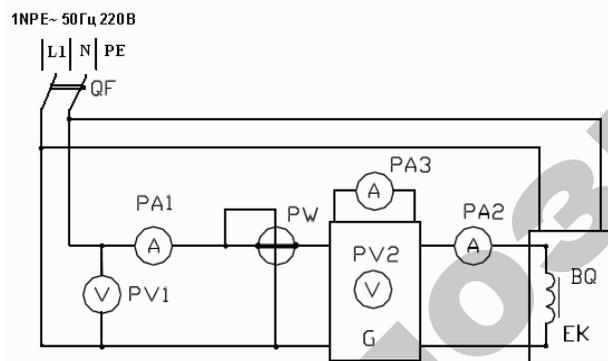


Рис. 4.4. Схема экспериментальной установки:
G – ультразвуковой генератор УЗГ-3-04; *EK* – ванна лужения УЗВЛ;
BQ – обмотка магнитострикционного преобразователя

Выключателем *S4* подают напряжение накала на генераторную лампу *VL1*, о чем сигнализирует лампочка *HL1* «Накал». Через 3–5 минут после включения накала кнопкой *SB2* «Пуск» включают высокое напряжение. В исправном генераторе одновременно с включением высокого напряжения должны возникнуть колебания.

При работе с ванной лужения включение генератора в работу осуществляют выключателем «Колебания» на передней панели ванны. При этом переключатель *S43* (см. рис. 4.2) генератора переводят в положение «Д» (дистанционно).

Ручкой *RP1* «Регулировка частоты» по минимуму выходного напряжения устанавливают частоту, соответствующую резонансной частоте преобразователя.

Ручкой *SA2* «Регулировка напряжения» устанавливают выходное напряжение, контролируемое вольтметром *PV2*.

После окончания работы выключателем «Колебания» (или кнопкой *SB1*) выключают напряжение.

Спустя 5 минут после выключения накала генератор отключают от сети, а затем для разрядки конденсаторов *C1* и *C2* вилку питания замыкают накоротко.

Экспериментальные исследования проводят после выполнения пунктов 1 и 2 задач работы (см. с. 41).

А. Установка с генератором УЗГ-3-04 и ванной лужения УЗВЛ-0,4.

1. Заполнить ванночку для припоя водой (50 г) или другим материалом по указанию преподавателя.

2. Выполнить все операции по вводу установки в работу в последовательности, приведенной выше. Ток подмагничивания (амперметр *PA3*) не должен превышать 8 А.

3. Включив установку, ручкой *RP1* «Регулировка частоты» настраивают генератор на оптимальный режим, устанавливаемый по минимуму выходного напряжения. Параметры, соответствующие оптимальному режиму: силу входного тока $I_1(PA1)$, потребляемую мощность $P_1(PW)$, ток подмагничивания $I_3(PA3)$, входное напряжение $U_2(PV2)$ и ток $I_2(PA2)$ – заносят в табл. 4.2 для значений входного напряжения U_2 , указанных ниже.

4. Для оптимального режима работы установить входное напряжение в 100, 140, 180, 220 В и при каждом из них обрабатывать («озвучивать») материал в течение 3–10 минут. Температуру обрабатываемого материала измерять термопарой или термометром (в последнем случае ОБЯЗАТЕЛЬНО необходимо отключить ультразвуковые колебания).

Таблица 4.2

Энергетические характеристики установок с генератором УЗГ-3-04

Измерено									Вычислено				
U_1 , В	P_1 , Вт	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А	U_2 , В	m , кг	t_1 , °С	t_2 , °С	$P_{ак}$, Вт	$\cos\varphi$	$\eta_{ак}$	$\eta_{г}$	$\eta_{у}$

5. По результатам измерений определить:

– приближенное значение акустической мощности $P_{ак}$ преобразователя, полагая, что ультразвуковая энергия, поглощаемая в материале, преобразуется в тепловую.

$$P_{ак} = \frac{mc(t_2 - t_1)}{\tau\eta_{п}}, \quad (4.7)$$

где m – масса, кг;

c – удельная теплоемкость материала, Дж/кг·°С;

t_1, t_2 – начальная и конечная температуры материала, °С;

τ – время «озвучивания» материала, с;

$\eta_{п}$ – КПД преобразователя, который можно принять равным 0,54;

– коэффициент мощности установки

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{U_1 I_1}; \quad (4.8)$$

– мощность, потребляемую преобразователем, полагая, что в оптимальном режиме (при резонансе) сопротивление рабочего колебательного контура и, следовательно, его элемента BQ (см. рис. 4.2) является активным. В этом случае

$$P_2 = U_2 I_2; \quad (4.9)$$

– акустический КПД $\eta_{ак}$, КПД генератора $\eta_{г}$ и КПД установки $\eta_{у}$:

$$\eta_{ак} = \frac{P_{ак}}{P_{г}}; \quad \eta_{г} = \frac{P_2}{P_1}; \quad \eta_{у} = \frac{P_{ак}}{P_1}; \quad (4.10)$$

– построить графические зависимости вычисленных величин (табл. 4.2) в функции выходного напряжения U_2 .

Б. Установка УЗУ-0,25 используется для измерения интенсивности ультразвука и проведения демонстрационных опытов.

Перед включением установки ванну заполняют измеренным количеством воды до уровня 120–130 мм. Включение генератора производят штепсельной вилкой и тумблером SA (см. рис. 4.3).

1. «Озвучить» воду в течение $\tau = 10$ –15 минут, записав в табл. 4.3 ее массу m , объем V , начальную t_1 и конечную t_2 температуры. Плотность энергии (Дж/м³), поглощенной водой,

$$W = \frac{mC(t_2 - t_1)}{V}, \quad (4.11)$$

где $C = 4190$ Дж/(кг·°С) – удельная теплоемкость воды.

Согласно формулам (4.5) и (4.6) интенсивность ультразвука

$$I = cW, \quad (4.12)$$

где $c = 1495$ м/с – скорость ультразвука в воде.

Измерения и вычисления проделать с трехкратной повторностью (табл. 4.3), не меняя воду в ванне.

Таблица 4.3

Плотность ультразвуковой энергии
и интенсивность ультразвука в ванне установки УЗУ-0,25

Измерено					Вычислено	
m , кг	V , м ³	τ , с	t_1 , °С	t_2 , °С	W , Дж/м ³	I , Вт/м ²

2. С помощью трубки (капилляра) исследовать поле радиационного давления в ванне. Радиационное давление S складывается из звукового давления и эффекта взаимодействия ультразвука с невозмущенной средой (дно и стенки емкости, излучатели и др.), оно пропорционально интенсивности ультразвука I .

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

$$I = \frac{1}{2} Sc = \frac{1}{2} \rho g h c, \quad (4.13)$$

где ρ – плотность жидкости;

g – ускорение свободного падения;

h – высота уровня жидкости в капилляре над уровнем в ванне.

Эти зависимости используют как один из методов измерения интенсивности ультразвуковых колебаний в жидких средах.

3. Поместить в ванну пробирку, заполненную водой и трансформаторным маслом, и наблюдать явление смешивания жидкостей. Пробирку, заполненную маслом, несколько раз энергично встряхнуть, поместить в ванну и наблюдать эффект дегазации жидкости.

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Принципиальные электрические схемы установок УЗГ-3-04, УЗУ-0,25.
3. Результаты измерений и расчетов.
4. Графические зависимости $P_{ак}$, $\cos\varphi$, $\eta_{ак}$, $\eta_{г}$, $\eta_{у}$ в функции U_2 .
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что вам известно о технологических свойствах ультразвука и области его применения в сельскохозяйственном производстве?
2. Какие существуют параметры ультразвукового поля и как они определяются?
3. Объясните физические принципы, на которых основаны ультразвуковые преобразователи.
4. Объясните работу принципиальной электрической схемы ультразвукового генератора УЗГ-3-04.
5. Объясните работу принципиальной электрической схемы ультразвуковой установки УЗУ-0,25.

Цель работы: изучить устройство, принцип действия, электрические схемы представленных в лаборатории установок магнитной обработки материалов, приобрести навыки по их обслуживанию.

Задачи работы

1. Изучить параметры, характеризующие магнитное поле и определяющие его энергию, технологические свойства, механические действия (силы).
2. Ознакомиться с технологией магнитной очистки зерна, зернопродуктов, кормов, магнитной обработки воды, устройством и принципом действия производственных установок.
3. Изучить технологию магнитной очистки семян, устройство, принцип действия, электрическую схему семяочистительной машины К-295, приобрести навыки ее обслуживания.
4. Провести экспериментальное исследование машины К-295 и установить зависимость эффективности ее работы от магнитно движущей силы (МДС) магнитного отделителя.

Общие сведения

В установках магнитной обработки материалов для технологических целей используют энергию магнитного поля непосредственно или путем ее преобразования в другие виды (механическую, тепловую, химическую и др.).

Объемная энергия магнитного поля (Дж/м^3) в вещественной среде

$$W = \frac{1}{2} BH = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu} = \frac{1}{2} \mu_0 \mu H^2, \quad (5.1)$$

где B и H – магнитная индукция (Тл) и напряженность магнитного поля (А/м) – основные величины, характеризующие магнитное поле. Они связаны известной зависимостью:

$$\bar{B} = \mu_0 \mu_a \bar{H} = \mu_0 H, \quad (5.2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная;

μ_a – абсолютная магнитная проницаемость вещества, Гн/м;

$\mu = \mu_a / \mu_0$ – относительная магнитная проницаемость вещества.

Основными технологическими свойствами магнитного поля являются: механические (электродинамические) силы поля; электромагнитная индукция; физико-химическое действие; биологическое действие.

В данной работе изучаются установки, основанные на использовании механических сил и физико-химического действия магнитного поля.

Механические силы магнитного поля используются в установках магнитной очистки зерна, зернопродуктов, кормов.

Насыщение сельскохозяйственного продукта средствами механизации приводит к засоренности зерна, продуктов его переработки, кормов различными металлическими (в основном ферромагнитными) предметами и частицами, попадающими в кормоприготовительные машины и пищеварительный тракт животных. Это неблагоприятно сказывается как на работе машин, так и на организме животных. Например, на животноводческих комплексах по откорму молодняка КРС на 10 тысяч голов из потока стебельчатых кормов, в зависимости от способа их закладки и хранения, извлекается в среднем в год от 3000 до 6500 ферромагнитных предметов общей массой от 120 до 180 кг.

Законы механики определяют силу как частную производную энергии по некоторой координате x , в направлении которой находят силу поля. Прделав эту операцию с выражением (5.1), получим формулу для плотности механических сил поля, Н/м³:

$$f = \frac{B}{\mu_0 \mu} \text{grad} B = \mu_0 \mu H \text{grad} H, \quad (5.3)$$

где $\text{grad} B = \partial B / \partial x$. Равенство $\text{grad} B = \text{grad} H$ имеет место лишь в средах, где зависимость $B = f(H)$ линейна (в неферромагнитных средах). Из формулы (5.3) видно, что механические (пондематорные) силы поля имеют место лишь в неоднородных магнитных полях, так как в противном случае $\text{grad} B = 0$ и $f = 0$.

На тело объемом V (м³) действует сила F :

$$\bar{F} = \frac{\bar{B}}{\mu_0 \mu} V \text{grad} \bar{B}. \quad (5.4)$$

Установки магнитной очистки различают по назначению (для зерна, комбикормов, стебельчатых кормов и т. д.), виду магнитных систем (с постоянными магнитами, электромагнитами), способу транспортирования материала и др. На рис. 5.1 приведена технологическая схема установки магнитной очистки зерна.

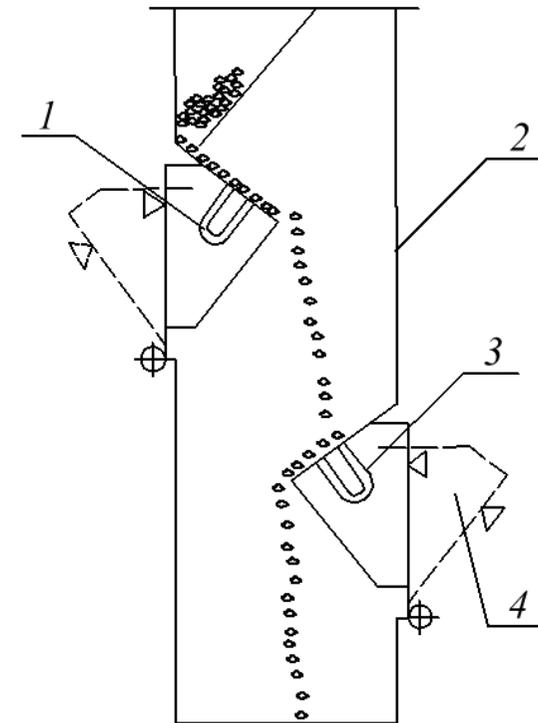


Рис. 5.1. Технологическая схема установки магнитной очистки зерна БКМ2-3: 1, 3 – магниты; 2 – смотровое окно; 4 – магниты в положении для очистки от металлических частиц

Магнитные колонки типа БКМ (рис. 5.1) имеют модификации БКМ2-1,5; БКМ2-3; БКМП2-3; БКМА2-5 и предназначены для выделения металломагнитных примесей из продуктов переработки зерна. Первая цифра в марке колонки обозначает число магнитных линий, вторая – длину одной магнитной линии в метрах. Колонки оборудованы постоянными магнитами.

Электромагнитный сепаратор ЭМ-10А предназначен для удаления металломагнитных примесей. Состоит из питающего устройства, электромагнита, механизма очистки магнитных полюсов от примесей, привода. Неподвижный электромагнит питается постоянным током от выпрямителя, мощность которого составляет 0,8 кВт.

Электромагнитный сепаратор А1-ДЭС устанавливают перед дробилками в технологических линиях комбикормовых предприятий. Сепаратор состоит из корпуса, внутри которого расположены питающее устройство, вращающийся барабан, электромагнитная система, устройство для вывода сырья и металломагнитных примесей, привод. Металломагнитные тела притягиваются электромагнитом к вращающейся обечайке из немагнитного материала в нерабочую зону, где экран нейтрализует магнитное поле, и металлочастицы удаляются с помощью щетки. Мощность электромагнита составляет 0,45 кВт.

Установки магнитной очистки семян применяют для отделения семян таких сорняков, как повилика, горчак, василек, лебеда, герань и др., а также от семян культурных растений: клевера, люцерны, льна и других мелкосеменных культур. Обычными, механическими способами их разделить практически невозможно, так как они имеют примерно одинаковую массу, парусность и другие признаки, на которых основано разделение в механических установках. Однако, в отличие от семян культурных растений, имеющих гладкую поверхность, семена сорных растений имеют шероховатую поверхность, обусловленную биологической приспособляемостью видов.

Принцип магнитной очистки семян заключается в том, что в результате предварительной обработки зерновой смеси магнитным порошком шероховатая поверхность семян сорняков легко покрывается частицами ферромагнитного порошка, благодаря чему они притягиваются к магнитам (электромагнитам), на гладкой же поверхности семян культурных растений порошок не удерживается, и магнитное поле на них не воздействует. Для улучшения обволакивания зерновой смеси магнитным порошком при смешивании добавляется масло или вода.

Технические данные некоторых магнитных семяочистительных машин приведены в табл. 5.1, общий вид – на рис. 5.2.

Таблица 5.1

Технические данные магнитных семяочистительных машин

Показатель	ЭМС-1А	СМЩ-0,4	К-295
1. Производительность, кг/ч:			
- по клеверу	180–200	400	10
- по льну	–	500	15
2. Расход (в % к массе неочищенных семян):			
- магнитного порошка	1–2,5	1,1–2,5	0,3–1,3
- воды	–	0,2–1,1	–
- масла	–	0,025–0,0	–
3. Чистота очистки, %	95–96	7	96–98
4. Магнитная система	Электромагнит	Постоянный магнит	Электромагнит
5. Установленная мощность, кВт	2,5	2,6	0,27
6. Масса, кг	1100	806	165

Технологический процесс во всех типах машин идентичен (рис. 5.3, а): в семенную смесь добавляют воду (или масло), магнитный порошок, перемешивают и подают на магнитный барабан. Далее процесс протекает так, как упоминалось выше. Машины различаются лишь степенью механизации операций, производительностью.

В лаборатории представлена машина К-295 (рис. 5.2) небольшой производительности, предназначенная для селекционных центров. Зерновую смесь засыпают в сосуд для смешивания 8, впрыскивают воду, добавляют магнитный порошок. Приготовленную смесь засыпают в загрузочный бункер 1.

Электрическая схема машины приведена на рис. 5.4. Вибратор У обеспечивает подачу смеси на барабан. Интенсивность вибрации регулируют автотрансформатором ТУ1, ручка которого выведена на лицевую сторону панели управления.

Питание магнитного барабана осуществляется от выпрямителя УЗ, имеющего на выходе фильтр из конденсатора С1 и узла, собранного на транзисторе VT, резисторе R и конденсаторе С2. Питание подводится к катушке электромагнита с помощью щеток и колец ХТ. Время работы смесителя задают механическим реле времени КТ пу-

тем вращения часовой стрелки крышки-задатчика, выведенной на панель управления. После поворота задатчика на некоторый угол, соответствующий задаваемому времени, замыкается контакт *КТ.1*, получает питание *КМ1* и включается электродвигатель смесителя *М1*. Отключение после отработки заданного времени производится контактом *КТ.2*. Пуск и остановку магнитного барабана и одновременно с ним подачу питания в вибратор и электромагнит *УА* осуществляют кнопками *SB1* и *SB2*, выведенными на лицевую сторону панели управления. Смесь по лотку вибратора подается на барабан магнитного отделителя, где происходит разделение семян. Разделенные семена попадают в классификационные отсеки ящика 5 (рис. 5.2), из которого в последующем извлекаются и подвергаются качественному и количественному анализу.

По санитарным условиям применение порошка в условиях учебной лаборатории не рекомендуется (мелкий железный порошок засоряет приборы, оборудование, требуется использовать спецодежду для обслуживающего персонала и др.), поэтому работа производится с относительно крупными металлочастицами. Принципы работы машины и физические основы процесса при этом не меняются.

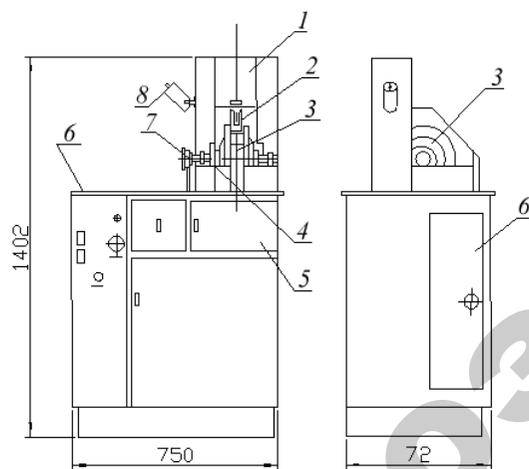


Рис. 5.2. Электромагнитная семяочистительная машина К-295:

- 1 – загрузочный бункер; 2 – вибратор; 3 – магнитный барабан;
4 – привод барабана; 5 – ящики классификатора; 6 – панель управления;
7 – токопровод электромагнита; 8 – смеситель семян с магнитным порошком

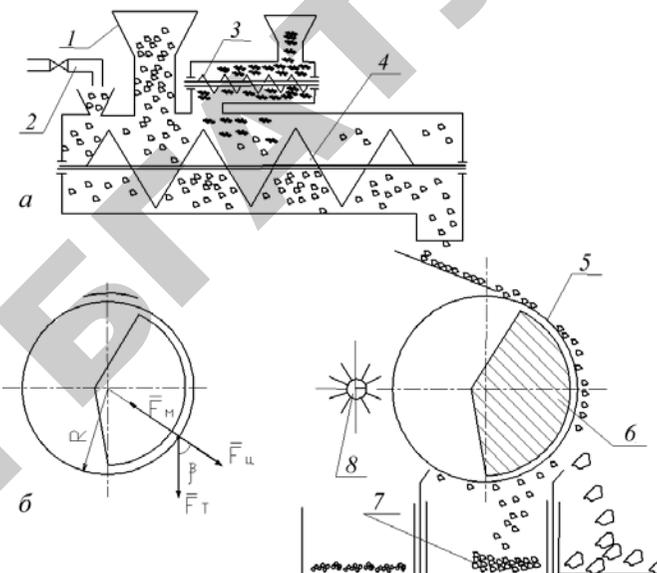


Рис. 5.3. Технологическая схема магнитной семяочистительной машины (а) и схема сил, действующих на семя, покрытое магнитным порошком (б):
1 – бункер с зерновой смесью; 2 – подача воды; 3 – подача магнитного порошка;
4 – смешивающий шнек; 5 – барабан; 6 – неподвижный магнитный сектор;
7 – классификатор фракции зерновой смеси; 8 – сетка

На семя, находящееся на поверхности вращающегося магнитного барабана, действуют следующие силы (рис. 5.3, б):

– сила тяжести

$$F_T = mg, \quad (5.5)$$

где m – масса семян с порошком, кг;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести;

– центробежная сила

$$F_{ц} = \frac{mv^2}{R}, \quad (5.6)$$

где v – линейная скорость барабана, м/с;

R – радиус барабана, м;

– сила, удерживающая семя, покрытое магнитным порошком,

$$F_M = \frac{m_{\text{п}}}{\rho} \cdot \frac{B}{\mu_0 \mu} \text{grad} B, \quad (5.7)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса порошка на семени, кг;

ρ – плотность металла, кг/м³.

Условие удержания семени на барабане

$$F_M > F_T \cos \beta + F_{\text{Ц}}. \quad (5.8)$$

Неравенство (5.8) служит основой для расчета параметров установок магнитной очистки материалов.

Установки магнитной обработки воды основаны на использовании физико-химического действия магнитного поля и предназначены для «умягчения» технической воды с высокой концентрацией растворенных солей. Процесс магнитной обработки воды заключается в пропускании ее через рабочий зазор установки, в котором создают магнитные поля чередующейся направленности. Под действием знакопеременного магнитного поля определенных параметров в движущейся воде происходит ряд сложных физико-химических изменений, в результате которых при нагреве такой воды в энергетических установках (водонагревателях, водогрейных и паровых котлах и др.) на их греющих поверхностях (а также на электродах при прямом нагреве воды) не образуется трудноудаляемая накипь. Это существенно повышает экономические показатели установок, увеличивает сроки их службы. Считается, что под действием поля ионы растворенных в воде солей образуют центры кристаллизации. При использовании необработанной воды центры кристаллизации находятся на греющих поверхностях установок, где и отлагаются соли, образующие накипь. В дальнейшем оказалось, что обработанная в магнитном поле вода обладает и другими биологическими качествами, например, при поливе растений такой водой, замачивании семян и т. п. возрастает энергия прорастания, урожайность культур и др.

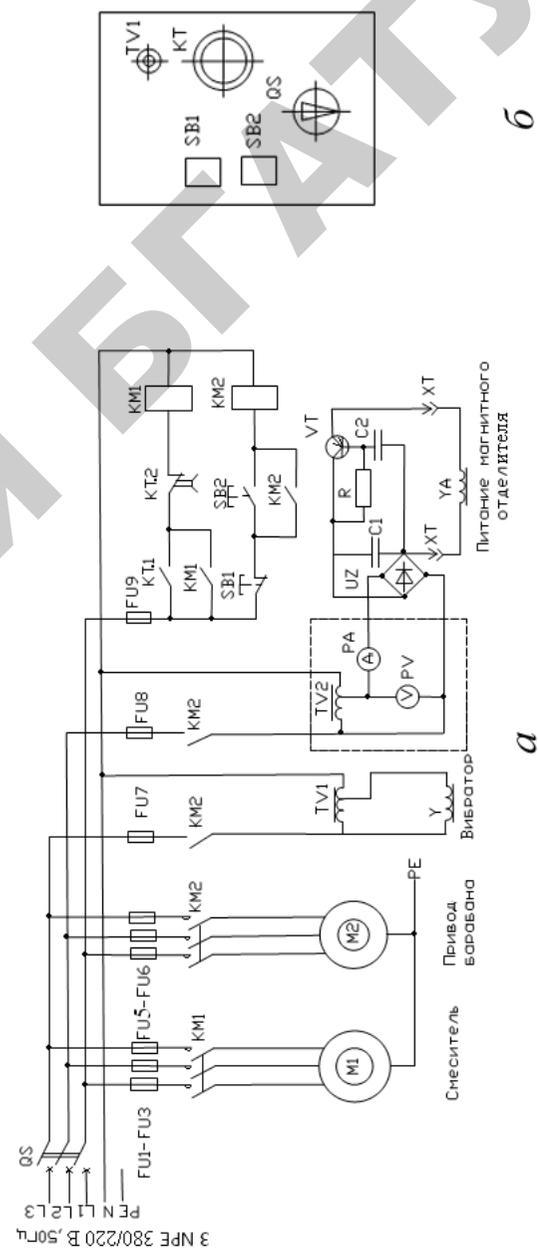


Рис. 5.4. Принципиальная электрическая схема магнитной семяочистительной машины К-295 (а) и расположение органов управления (б)

Примечание. Узел, обведенный пунктиром, введен для целей исследования машины, КТ – механическое реле времени.

Эффективность магнитной обработки воды зависит от напряженности магнитного поля, количества знакопеременных магнитных зон, пересекаемых потоком воды, скорости движения воды в рабочем зазоре аппарата, состава воды и др. После воздействия магнитного поля в последующем наблюдается ослабление приобретенных свойств, и способность воды к накипеобразованию становится такой же, как и у необработанной. Период релаксации составляет 18–24 часа. Параметры аппаратов устанавливают, в основном, экспериментально. Они имеют следующий порядок:

- напряженность магнитного поля, А/м $(120-150) \cdot 10^3$;
- скорость воды в зазоре, м/с 0,5–2;
- длина пути воды в магнитном поле, м 0,15–0,55;
- величина зазора для протекания воды, мм 9,5–10.

Удельная установленная мощность электромагнитов для обработки воды составляет 10–40 Вт/м³.

Устройство для магнитной обработки воды выполняют с постоянными магнитами и электромагнитами. Первые проще конструктивно, однако с течением времени наблюдается их размагничивание, особенно при неблагоприятных условиях эксплуатации (механических ударах, сильном нагреве).

На рис. 5.5 приведена схема электромагнитного аппарата и его включение в сеть питательной воды энергетических установок. Магнитный сердечник 3 с обмоткой подмагничивания 4 помещен в латунный кожух 2 и залит трансформаторным маслом. Образующиеся магнитные потоки чередующейся полярности замыкаются через воду и внешний стальной корпус 1. Питание установки осуществляется от блока питания 9.

При определении места установки аппарата стремятся к тому, чтобы путь воды после обработки до защищаемого от накипи оборудования был возможно короче. Для исключения образования в аппаратах воздушных пузырей его следует устанавливать вертикально, с направлением движения воды снизу вверх.

Методика выполнения работы

1. Пункты 1 и 2 задач работы (см. с. 56) выполняют при подготовке к занятиям, используя рекомендованную литературу, конспект лекций, настоящие методические указания.

2. Пункт 3 выполняют при подготовке к занятиям и на рабочем месте путем практического изучения устройства, его работы, элект-

рических схем, правил обслуживания представленных в лаборатории установок. Зарисовывают технологическую схему процесса очистки семян и схему действующих на частицу сил (рис. 5.3), электрическую схему машины К-295 (рис. 5.4), разрез аппарата магнитной обработки воды (рис. 5.5).

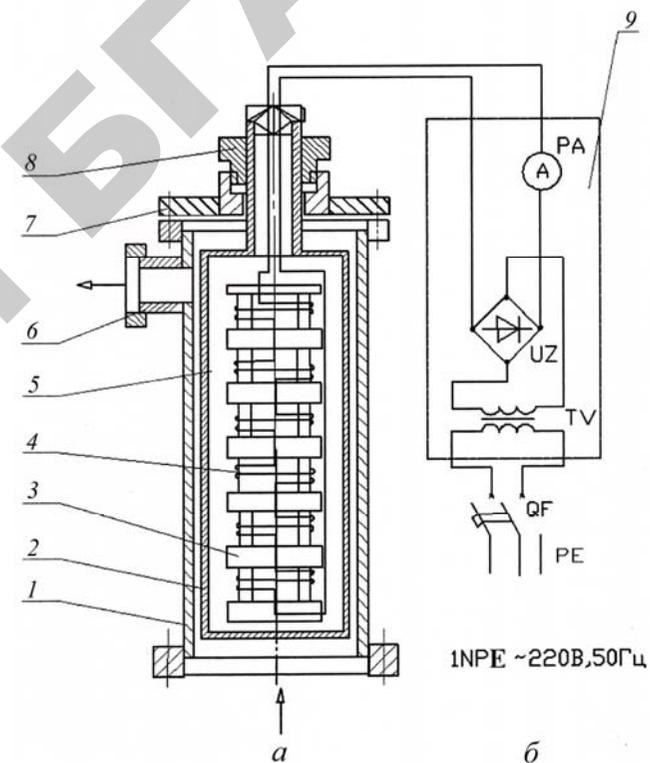


Рис. 5.5. Схема электромагнитного аппарата для обработки воды (а) и схема включения его в сеть (б): 1 – стальной корпус; 2 – латунный кожух; 3 – магнитный сердечник; 4 – обмотка подмагничивания; 5 – трансформаторное масло; 6 – выходной патрубок; 7 – крышка; 8 – гайка уплотнения; 9 – блок питания

3. Экспериментальные исследования выполняют после усвоения порядка обслуживания машины, правил техники безопасности и получения разрешения преподавателя на включение.

Обработку смеси зерна с металломагнитными частицами проводят при различной МДС магнитного отделителя путем изменения

силы тока I , подаваемого в катушку электромагнитного барабана ($W_m = IN$, где N – число витков катушки). При этом изменяется магнитная индукция B системы и в соответствии с формулой (5.7) величина магнитной силы F_m , удерживающей металломагнитную частицу на поверхности барабана. В зависимости от величины силы F_m частицы попадают в ту или иную секцию классификатора фракции зерновой смеси 7 (см. рис. 5.3). Силу тока в обмотке электромагнита регулируют автотрансформатором $TV2$ (рис. 5.4).

Последовательность выполнения операций с машиной К-295.

1. Взвесить 100 г незасоренного зерна и 50 г металлических частиц, смешать их и высыпать в приемный бункер.
2. Отрегулировать зазор вибратора-питателя 2 (рис. 5.2), обеспечивающий свободную подачу зерновой смеси в один слой.
3. С разрешения преподавателя включить машину, опробовать ее в работе, освоить операции обслуживания, подготовиться к проведению основных опытов.
4. Очистить машину от зерна и частиц, перемешать содержимое всех секций классификатора, взвесить смесь и данные внести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Влияние напряжения на сортировку семян

Режим обработки		Общая масса смеси, г	Распределение материала по классам			
			I		II	
$U, В$	$I, А$		г	%	г	%

5. Установить автотрансформатором $TV2$ силу тока, указанную преподавателем.

6. Засыпать смесь в бункер, включить машину и произвести очистку зерна от металлических частиц.

7. После обработки взвесить содержимое каждой секции классификатора и записать в табл. 5.2.

8. Повторить опыты при других значениях тока, указанных преподавателем. После завершения опытов очистить машину, зерно и металлические частицы поместить в емкости для их хранения, убрать рабочее место.

Данные табл. 5.2 выразить в процентах от суммарной массы смеси до обработки ($K_i, \%$) и построить зависимость $K_i = f(I)$ для всех классов зерновой смеси.

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Принцип устройства аппаратов магнитной очистки зерна.
3. Технологическая и электрическая схемы машины К-295.
4. Силы, действующие на частицу с порошком в магнитном поле.
5. Таблицы наблюдений и вычислений.
6. Графические зависимости.
7. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что вам известно о технологических свойствах магнитного поля?
2. В чем состоит принцип магнитной очистки зерна, зернопродуктов, кормов?
3. Расскажите об устройстве, принципе действия и объясните работу электрической схемы электромагнитной семяочистительной машины К-295.
4. Какие силы действуют на семя, покрытое магнитным порошком, в машинах магнитной очистки семян?
5. Каковы принцип и назначение магнитной обработки воды?

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Цель работы: исследовать процессы электролиза водных растворов электролитов, изучить устройство, принцип действия электролизеров.

Задачи работы

1. Изучить законы электролиза.
2. Изучить процессы, проходящие на электродах, при электролизе водных растворов электролитов.
3. Изучить устройство, принцип действия электролизеров.
4. Осуществить процесс электролиза воды в электролизере «Невотон».
5. Определить удельную электрическую проводимость воды при электролизе.
6. Исследовать зависимость выхода по току и скорости электролиза от количества электричества.

Общие сведения

Электролиз – это совокупность окислительно-восстановительных процессов, происходящих при прохождении электрического тока через электролит с погруженными в него электродами.

Результат электролиза зависит от материала электродов и состава электролита.

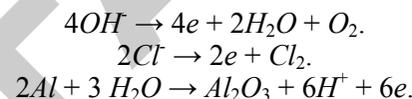
Электролиз включает два процесса: движение заряженных частиц под действием электрического поля и переход заряда с частицы на электрод или с электрода на частицу. На катоде (электрод, подключенный к отрицательному полюсу источника питания) происходит процесс восстановления (присоединения электронов), на аноде (электрод, подключенный к положительному полюсу источника питания) – процесс окисления (отдача электронов).

На катоде катионы (положительно заряженные ионы) восстанавливаются в ионы более низкой степени окисления или в атомы:



Нейтральные молекулы участвуют в превращениях на катоде непосредственно или реагируют с продуктами катодного процесса.

На аноде происходит окисление ионов или молекул, поступающих из электролита или принадлежащих материалу анода, в последнем случае анод растворяется или окисляется:



Скорости электродных реакций зависят от состава и концентрации электролита, материала электродов, электродного потенциала, температуры, гидродинамических условий. Мерой скорости служит плотность тока – количество переносимых электрических зарядов через единицу площади поверхности электрода в единицу времени. Количество образующихся при электролизе продуктов определяют законом Фарадея: масса вещества m , выделившаяся на каком-либо электроде, прямо пропорциональна количеству электричества Q и электрохимическому эквиваленту этого вещества.

$$m = \alpha Q = \alpha I \tau, \quad (6.1)$$

где α – электрохимический эквивалент вещества, г/(А·с);

I – сила тока, протекающего через электролит, А;

τ – время протекания тока, с.

Количество электричества, необходимое для превращения на электроде одного эквивалента любого вещества, величина постоянная. Она равна заряду одного моля электронов и называется постоянной Фарадея F .

$$F = 96500 \text{ Кл/моль}. \quad (6.2)$$

Массу вещества, превращенного на электроде при прохождении через электролит единицы количества электричества, называют электрохимическим эквивалентом вещества:

$$\alpha = M / F. \quad (6.3)$$

На практике часто оказывается, что фактическое количество превращенного на электродах вещества $m_{\text{ф}}$ не равно теоретическому

му m_r . Причина этого – побочные реакции, например, выделение водорода при осаждении металла, неполное восстановление катионов, параллельное восстановление катионов нескольких видов и др.

Отношение количества фактически полученного на электроде вещества к его теоретическому количеству, рассчитанному по формуле (6.1), называют выходом по току:

$$\kappa_{\text{вт}} = (m_{\text{ф}} / m_r) 100\% = (m_{\text{ф}} / \alpha I \tau) 100\%. \quad (6.4)$$

Чем больше удельный вес побочных реакций, тем меньше выход по току. Иногда при экспериментальном определении выхода по току его значение оказывается выше 100 %, что объясняется протеканием процессов электрохимического и химического растворения вещества, в результате чего фактическое изменение массы оказывается большим, чем теоретически рассчитанное.

Скорость электролиза

$$v = \alpha I \kappa_{\text{вт}}. \quad (6.5)$$

Электролиз используют для нанесения металлических покрытий (гальваностегия) с целью защиты металлов от коррозии, придания рабочей поверхности металла необходимых свойств (твердости, износостойкости, электропроводности и т. д.); в гальванопластике – получения электролитического покрытия в виде точных металлических копий толщиной в несколько миллиметров с неметаллических или металлических образцов; электрохимической полировки, заточки; придания требуемой формы металлическим изделиям, не поддающимся механической обработке. Путем электролитического разложения воды получают водород, используемый при синтезе различных неорганических и органических веществ и т. д.

Устройства, в которых проводят электролиз водных растворов электролитов, имеют общее название — электролизеры. Их конструкция определяется характером процесса. Чаще всего используют ящичные электролизеры, представляющие собой открытую емкость с электролитом, в которой размещают электроды, соединенные с отрицательным и положительным полюсом источника питания постоянного тока (рис. 6.1). Вода поступает в емкость 2, в которую погружены два электрода 3 (анод) и 4 (катод), соединенные с источником тока I . Под действием электрического поля положительно заряженные ионы движутся к катоду, а отрицательно заряжен-

ные – к аноду. На электродах происходит переход электронов: на катоде – восстановление, а аноде – их окисление.

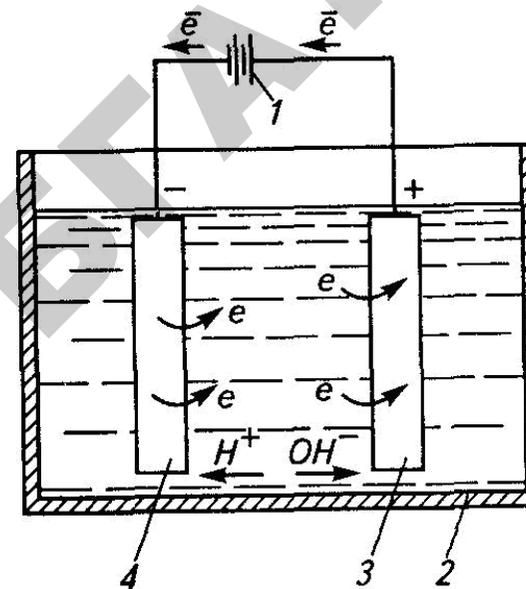


Рис. 6.1. Ящичный электролизер: 1 – источник питания; 2 – емкость; 3 – анод; 4 – катод

Для изготовления анодов применяют графит, углеграфитовые материалы, оксиды железа, свинца, никеля и др. Для катодов применяют сталь, часто с защитными покрытиями, защищающими от агрессивности электролитов, продуктов электролиза, температуры и др. В современных электролизерах широко применяют стекло, стеклопластики, керамику.

Во многих электролизерах необходимо разделить катодное и анодное пространство, что осуществляют с помощью диафрагм, проницаемых для ионов, но затрудняющих механическое смешивание и диффузию электролита (рис. 6.2). При этом разделяют жидкие и газообразные продукты, образующиеся на электродах или в электролите, предотвращая участие исходных, промежуточных и конечных продуктов электролиза в реакциях на электроде противоположного знака и в приэлектродном пространстве. Диафрагмы могут быть пористыми или ионообменными (мембраны).

В пористых – через микропоры переносятся ионы обоих знаков (катионы и анионы), в ионоселективных происходит перенос либо только катионов, либо анионов, в зависимости от их типа.

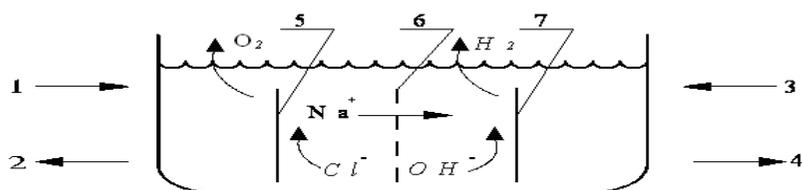


Рис. 6.2. Схема типичного диафрагменного электролизера для производства хлора и гидроксида натрия: 1 – насыщенный рассол; 2 – обедненный рассол; 3 – вода; 4 – раствор NaOH; 5 – анод; 6 – мембрана; 7 – катод

По характеру подключения к источнику питания различают монополярные и биполярные электролизеры (рис. 6.3). Монополярный электролизер состоит из одной электролитической ячейки с электродами одной полярности, каждый из которых может состоять из нескольких элементов, включенных параллельно в электрическую цепь. Биполярный электролизер имеет большое число ячеек (до 100–160), включенных последовательно в электрическую цепь, причем каждый электрод, за исключением двух крайних, работает одной стороной как катод, а другой как анод. Монополярные электролизеры обычно рассчитаны на большой ток и малое напряжение, биполярные – на небольшой ток и высокое напряжение. Современные электролизеры допускают высокую токовую нагрузку:

монополярные – до 400–500 кА;
 биполярные – до 1600 кА.

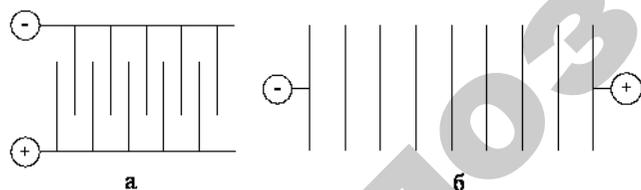


Рис. 6.3. Схема подключения к источнику питания монополярного (а) и биполярного электролизеров (б)

В качестве источников питания электролизеров используют в основном диодные либо тиристорные преобразовательные агрегаты, причем доля последних возрастает. Связано это с тем, что стоимость тиристорных выпрямительных блоков и потери в них меньше, чем суммарная стоимость диодных выпрямителей с дросселями насыщения и потерями в них. Типы источников питания для некоторых технологических процессов представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Рекомендуемые типы преобразовательных агрегатов и применяемые в них схемы выпрямления для некоторых технологических процессов

Технологический процесс, установка	Преобразовательный агрегат	
	Тип	Схема выпрямления
Электролиз галлия	Тиристорный реверсивный	Двойная нулевая с уравнительным реактором
Электролиз драгметаллов	Диодный; тиристорный с наложением переменной составляющей	Нулевая; мостовая; нулевая с обратным тиристором в одной фазе
Гальванотехника	Тиристорный; Тиристорный реверсивный	Нулевая; двойная нулевая с уравнительным реактором
Цинкование стального листа	Тиристорный с фазоступенчатым регулированием напряжения	Двойная нулевая с уравнительным реактором
Электролиз меди, никеля	Диодный с РПН* и ДН**; тиристорный импульсный; тиристорный реверсивный	Двойная нулевая с уравнительным реактором; мостовая; мостовая двенадцатипульсная
Электролиз цинка	Диодный с РПН и ДН; диодный с РПН и ДН компенсированный	Мостовая двенадцатипульсная
Электролиз магния, хлора	Диодный с РПН; диодный с РПН и ДН	Двойная нулевая с уравнительным реактором; мостовая двенадцатипульсная

Окончание табл. 6.1

Технологический процесс, установка	Преобразовательный агрегат	
	Тип	Схема выпрямления
Электролиз алюминия	Диодный с РПН и ДН; тиристорный с РПН; тиристорный с РПН компенсированный; тиристорно-диодный с РПН; ПИТ***; диодный с РПН и фазоступенчатым регулированием напряжения	Двойная нулевая с уравнительным реактором; мостовая двенадцатипульсная; мостовая несимметричная
Дуговые печи постоянного тока	Многомостовой тиристорный	Мостовая с переключением
Установки графитизации	Диодный с РПН	Мостовая
Установки получения поликристаллического кремния	Многомостовой тиристорный	Однофазная мостовая

РПН* – регулирование напряжение под нагрузкой; ДН** – дроссель насыщения; ПИТ*** – параметрические источники тока.

Наиболее распространены выпрямительные агрегаты ТЕ1; ТЕР1; ТВ1; ТВР1 (Т – тиристорный; Е – естественное охлаждение; В – водяное охлаждение; Р – реверсивный). Их выпускают мощностью до 160 кВт, на токи 10–12500 А, напряжение 6–220 В.

Методика выполнения работы

Экспериментальная установка (рис. 6.4) включает электролизер «Невотон», служащий для обогащения воды ионами серебра, приборы измерения тока pA и напряжения pV . Внешний вид «Невотон» представлен на рис. 6.5. В верхней части корпуса 1 расположена панель управления 2 (рис. 6.6) и электрический блок микропроцессора. В нижней трубчатой части размещены три изогнутых ребра 5, фиксирующие «Невотон» на горловине стандартной стеклянной банки, и электроды 4: один изготовлен из чистого серебра (Ср 999,9), другой – из нержавеющей стали. На

стыке верхней и нижней частей имеется разъем 6 для подключения блока питания. Панель управления (рис. 6.6) включает кнопки:

«Режим», устанавливающую концентрацию раствора «Питьевая»-«Концентрат»;

«Объем» – для выбора объема обрабатываемой жидкости (1 л, 2 л, 3 л) в режиме «Питьевая». В режиме «Концентрат» программа электролизера не позволяет выбрать объем;

«Пуск/Стоп» – для включения и отключения электролизера.

Выбранный режим отображается свечением соответствующего индикатора.

Банку заполняют водой до указанного уровня и устанавливают на неё «Невотон». При этом электроды должны полностью находиться в воде. На панели управления выбирают режим «Концентрат» и кнопкой «Пуск/Стоп» производят включение. Окончание процесса происходит автоматически, о чём сигнализирует мигающий индикатор работы и звуковой сигнал, раздающийся каждые 10 с. Отключение осуществляют также кнопкой «Пуск/Стоп».

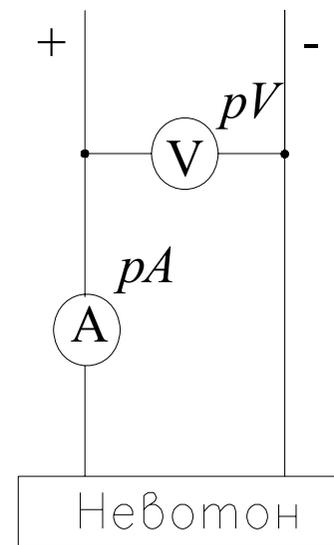


Рис. 6.4. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки

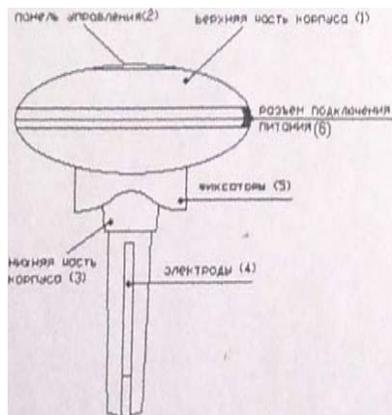


Рис. 6.5. Общий вид «Невотон»

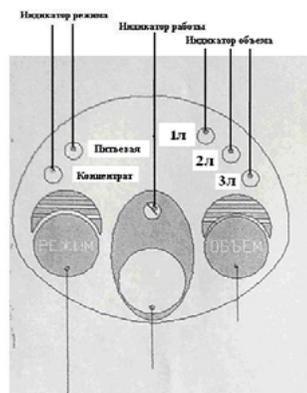


Рис. 6.6. Панель управления

При работе «Невотон» каждые 5 мин измеряют силу тока I и напряжение U в цепи. Показания электрических приборов заносят в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты экспериментальных исследований

Время работы τ	Сила тока I	Напряжение U	Количество электричества Q	Масса серебра		Удельная эл.проводимость γ	Концентрация ионов серебра C	Выход по току $K_{вт}$	Скорость электролиза ν
				фактическая m_f	теоретическая m_t				
с	10^3 A	В	Кл	г	г	С м / м	г/л	%	10^{-6} г/с
300									
600									
900									
1200									

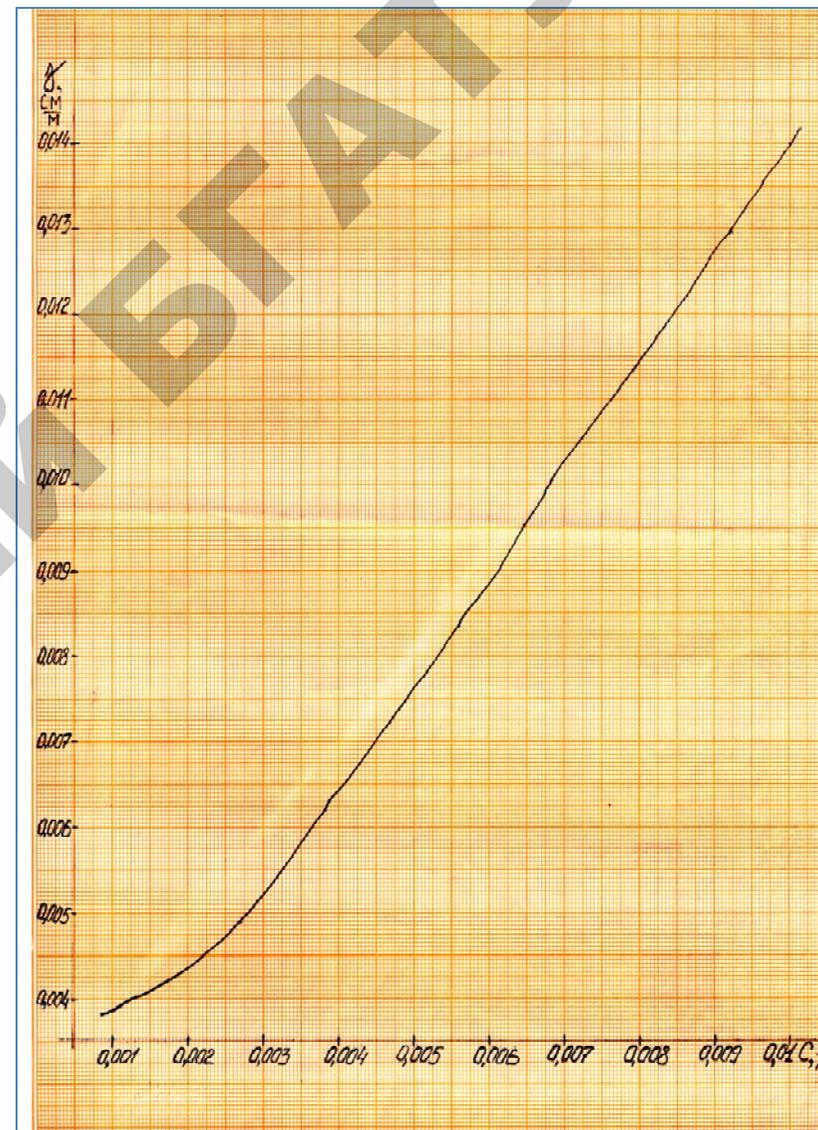


Рис. 6.7. Зависимость удельной электрической проводимости воды от концентрации ионов серебра

Определяют удельную электрическую проводимость γ .

$$\gamma = (I/U)k, \quad (6.6)$$

где $k = 22,2$ – постоянная ячейки.

По графику $\gamma = f(C)$, представленном на рис. 6.7, определяют концентрацию ионов серебра C в воде. Данные заносят в табл. 6.2. Рассчитывают фактически полученную массу серебра

$$m_{\phi} = C V, \quad (6.7)$$

где V – объём воды, л.

Определяют:

– теоретическую массу серебра $m_{\text{т}} = \alpha I t$ (для серебра $\alpha = 1,118 \cdot 10^{-3}$ г/Кл);

– выход по току $\kappa_{\text{вт}} = (m_{\phi}/m_{\text{т}}) \cdot 100$ %;

– скорость электролиза $v = \alpha I \kappa_{\text{вт}}$.

Результат расчёта заносят в табл. 6.2, строят графические зависимости $\kappa_{\text{вт}} = f(Q)$, $v = f(Q)$.

Содержание отчёта

1. Цель, задачи работы.
2. Таблица с результатами исследований.
3. Графические зависимости $\kappa_{\text{вт}} = f(Q)$, $v = f(Q)$.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое электролиз, каковы его законы?
2. Объясните процессы, проходящие на электродах при электролизе водных растворов.
3. Расскажите об устройстве, принципе действия электролизеров.
4. Перечислите источники питания электролизеров.
5. Какова методика определения выхода по току?
6. Как производится расчет скорости электролиза?
7. Расскажите об известных вам областях применения электролизеров.

Лабораторное занятие 7

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДОЗИРОВАННОГО ВЫСЕВА СЕМЯН

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип действия установки дозированного высева семян, экспериментально получить ее эксплуатационные характеристики.

Задачи работы

1. Изучить воздействие электрического поля на движущийся поток семян.
2. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы установки дозированного высева семян.
3. Исследовать зависимость напряжения запирающего потока от величины зазора между электродами.
4. Определить зависимости расхода семян от напряженности электрического поля и величины зазора между электродами.

Общие сведения

Электрическое поле используют для управления потоком сыпучего мелкого семенного материала.

Установка дозированного высева семян предназначена для регулируемой непрерывной и порционной подачи семян в технологическое оборудование.

В основе конструкции установки лежит взаимодействие между электрическим полем и семенами. В результате этого взаимодействия семена сельскохозяйственных культур получают определенную ориентацию. При этом за счет взаимодействия поляризованных зарядов образуются цепочки из ориентированных семян, которые тянутся от одного электрода к другому.

Промежуточных преобразований энергии нет, поэтому дозатор обладает высоким коэффициентом полезного действия. Это обусловливает простоту его конструкции, малую энергоёмкость и высокие эксплуатационные показатели.

На рис. 7.1 показана конструкция модели дозатора семян.

Электродная система дозатора семян состоит из двух наклонных плоских электродов 1 и 2, которые образуют прямоугольную щель. Сыпучий материал, подлежащий регулированию, подается сверху

и совершает в межэлектродном пространстве истечение через щель. По мере истечения, под действием электрического поля, частицы ориентируются, проявляя склонность к образованию цепочек, при этом трение между частицами материала увеличивается. По этой причине сыпучий материал становится менее текучим и расход через щель между электродами уменьшается. При некотором значении приложенного напряжения цепочки становятся устойчивыми и истечение сыпучего материала прекращается (режим запирания потока). В рассматриваемой установке движение сыпучего материала можно регулировать в пределах, соответствующих свободному истечению, вплоть до нулевого расхода.

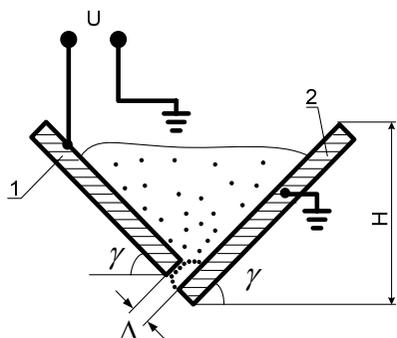


Рис. 7.1. Модель дозатора семян:
1, 2 – электроды

Расход сыпучего материала при приложенном напряжении можно описать следующей формулой:

$$Q = Q_0 \left(1 - \frac{U}{U_3} \right), \quad (7.1)$$

где Q_0 – расход сыпучего материала при отсутствии электрического поля ($U = 0$), кг/с;

U – напряжение, приложенное к электродам, В;

U_3 – напряжение запирания потока ($Q = 0$), В.

Расход сыпучего материала при свободном истечении определяют по формуле

$$Q_0 = S v_0 \rho_n, \quad (7.2)$$

где S – площадь сечения проходного отверстия, м²;

v_0 – скорость падения частиц в области выпускного отверстия при отсутствии поля, м/с;

ρ_n – насыпная плотность материала, кг/м³.

Скорость v_0 приближенно может быть представлена как $v_0 = 150 \rho_n$.

Таким образом,

$$Q_0 = 150 S \rho_n^2. \quad (7.3)$$

Напряжение запирания потока определяется согласно выражению

$$U_3 = E_3 \Delta, \quad (7.4)$$

где E_3 – средняя напряженность запирающего поля, равная для переменного тока $(7-8) \cdot 10^2$ кВ/м и $(5-6) \cdot 10^2$ кВ/м для постоянного;

Δ – зазор между электродами, м.

Мощность, затрачиваемая на регулирование расхода сыпучего материала, определяется геометрическими размерами электродной системы и электрофизическими свойствами обрабатываемого материала. Ее значение при удельном электрическом сопротивлении материала $\rho_t > 10^5$ Ом·м не превышает 10 Вт.

Принципиальная электрическая схема дозатора семян приведена на рис. 7.2.

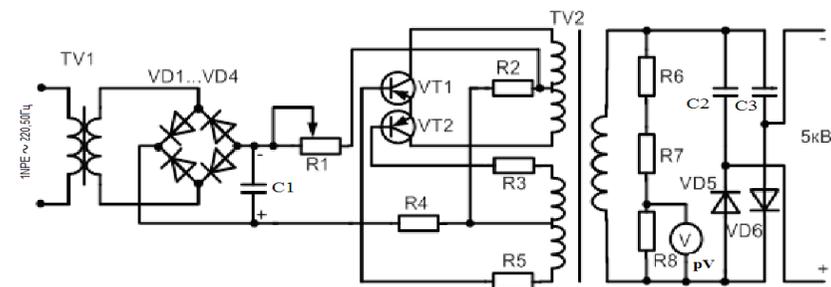


Рис. 7.2. Принципиальная электрическая схема установки дозированного высева семян

Сетевое напряжение подается на понижающий трансформатор $TV1$, выпрямляется выпрямителем $VD1...VD4$, далее – на конденсатор $C1$, сглаживающий пульсации, преобразователь постоянного тока в ток повышенной частоты, выполненный на транзисторах $VT1$, $VT2$ и трансформаторе $TV2$, схему удвоения напряжения. Пониженное напряжение регулируется резистором $R1$. На выходе сетевое напряжение повышается до 5 кВ.

Методика выполнения работы

1. Изучить электрическую схему и конструкцию установки дозированного высева семян.

Внимание! Источник питания установки для дозированного высева семян – высоковольтный, поэтому при работе с ним нужно соблюдать следующие правила техники безопасности:

- аппарат должен быть надежно заземлен через клемму «Земля»;
- при отключении аппарата выходные высоковольтные цепи нужно надежно заземлить, так как в схеме используются высоковольтные конденсаторы, которые являются накопителями энергии и требуют разрядки во избежание поражения электрическим током;
- переключать пределы измерений приборов, аппаратов и элементов схемы можно только при отключенном источнике питания;

– все работы при включенном высоком напряжении выполняются только с разрешения преподавателя.

2. Регулируя зазор между электродами Δ при постоянном напряжении U_3 (по указанию преподавателя), определить расход сыпучего материала при свободном истечении опытным путем и теоретически по $U_3 = E_3 \Delta$, где E_3 – средняя напряженность запирающего поля, равная $(7-8) \cdot 10^2$ кВ/м для переменного тока и $(5-6) \cdot 10^2$ кВ/м для постоянного тока. Результаты свести в табл. 7.1.

3. Изменяя рабочее напряжение при постоянном зазоре $\Delta = 3 \cdot 10^{-3}$ м, определить расход сыпучего материала опытным путем и теоретически по формуле (7.1).

Результаты записать в табл. 7.2.

Таблица 7.1

Зависимость расхода сыпучего материала от зазора между электродами

Зазор между электродами, 10^{-3} м	2	3	4	5	6
Площадь сечения проходного отверстия, 10^{-6} м ²					
Расход сыпучего материала при свободном истечении, 10^{-3} кг/с					

Таблица 7.2

Зависимость расхода сыпучего материала от напряженности электрического поля

Рабочее напряжение, кВ	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Напряженность электрического поля, кВ/м							
Расход сыпучего материала, 10^{-3} кг/с							

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Таблицы с результатами исследований.
3. Графические зависимости $Q_0(\Delta)$, $Q(E)$.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность действия электрического поля на семена сельскохозяйственных культур?
2. Расскажите о конструкции и принципе работы установки для дозированного высева семян.
3. Назовите область применения установки для дозированного высева семян.
4. Объясните работу принципиальной электрической схемы установки для дозированного высева семян.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ВЛАЖНЫХ КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить устройство и принцип действия установки для обработки кормовых материалов электрическим током.

Задачи работы

1. Изучить классификацию, устройство установок для обработки кормовых материалов электрическим током, назначение каждого ее элемента, конструктивное исполнение рабочих камер и существующие источники их питания.

2. Исследовать влияние температуры обработки и модуля увлажнения на удельную электрическую проводимость кормового материала.

3. Определить зависимость времени обработки от напряженности электрического поля при модуле увлажнения, соответствующего максимальному значению удельной электрической проводимости.

Общие сведения

Обработку кормовых материалов производят с целью повышения их питательности, усвояемости и поедаемости, изменения микробного состава. Существующие традиционные способы обработки (механический, тепловой, химический или комбинированный) используют питательные возможности кормов лишь наполовину, энергоемки.

Электротехнологические методы, основанные не только на термическом, но и химическом, физическом и биологическом действиях электрического тока, усиливают целенаправленное изменение в структуре корма и тем самым способствуют повышению эффективности использования питательного потенциала при одновременном снижении затрат на обработку. В результате объемного ввода и высокой концентрации энергии при электрообработке корм нагревается быстро и равномерно, а благодаря простому регулированию потока энергии температура снижается до минимального значения, обусловленного технологией процесса.

Обработке электрическим током подвергают такие кормовые материалы, как фуражное зерно, солома, картофель, пищевые отходы и т. п.

Установки для обработки кормов электрическим током классифицируют:

- по назначению (для электрохимической обработки; для электротепловой обработки и т. п.);
- по принципу действия (периодического и непрерывного действия);
- по роду тока (постоянного, переменного тока);
- числу фаз и рабочих камер (однофазные: одно-, двух-, трехкамерные и трехфазные трехкамерные, различающиеся схемой соединения: «звезда», «треугольник»).

Мощность установок варьируется в пределах 1–160 кВА, фазное напряжение рабочих камер составляет 12–220 В.

В общем случае установка для обработки кормовых материалов электрическим током состоит из приемного устройства 1, механизма распределения корма по рабочим камерам 2, механизма уплотнения (подачи и уплотнения) 3, рабочей камеры 4, механизма выгрузки 5, источника питания 6, станции управления 7 (рис. 8.1).

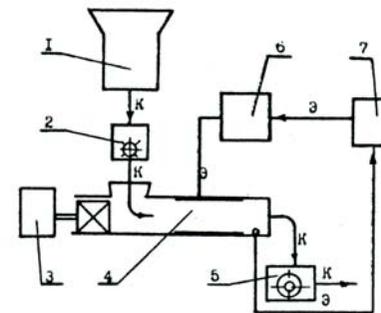


Рис. 8.1. Структурно-технологическая схема установки для обработки кормовых материалов электрическим током: 1 – приемное устройство; 2, 3 – механизмы распределения, подачи и уплотнения корма; 4 – рабочая камера; 5 – механизм выгрузки; 6 – источник питания; 7 – станция управления; κ – корм; э – электроэнергия

Механизмы распределения служат для подачи корма в рабочие камеры. Они бывают виброрешетчатые, транспортерные, шнековые, крыльчатые. Применение того или иного распределителя зависит от вида кормового материала. Например, шнековый распределитель наиболее эффективен для соломы, а крыльчатый – для зерна.

Механизмы уплотнения создают требуемую по технологии плотность и скорость перемещения корма в рабочей камере. В наибольшей мере условиям уплотнения материалов в электрическом поле отвечают поршневые уплотнители.

Рабочая камера предназначена для обработки кормовых материалов электрическим током. Конструктивно она представляет собой систему токоведущих плоских, чаще всего, или коаксиальных электродов, расположенных в диэлектрическом корпусе. Наиболее распространенные варианты рабочих камер представлены на рис. 8.2.

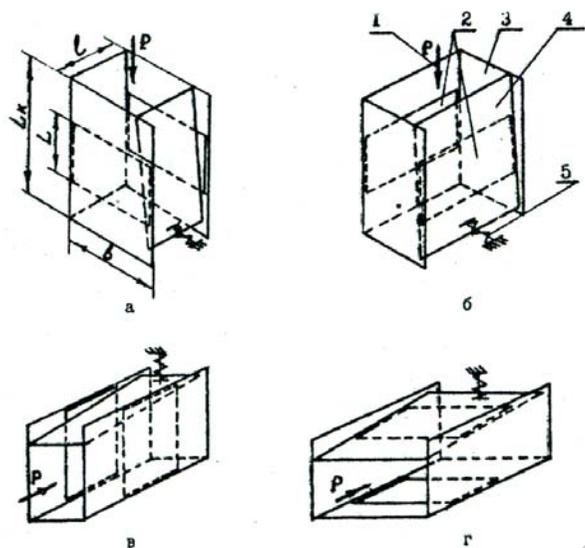


Рис. 8.2. Варианты компоновки рабочих камер для обработки кормовых материалов электрическим током: 1 – направление уплотнения корма; 2 – токоподводящие электроды; 3 – корпус из диэлектрического материала; 4 – подвижная подуплотняющая стенка; 5 – механизм дополнительного уплотнения; l – расстояние между электродами; L – длина электрода; L_k – длина рабочей камеры; b – ширина электрода

Конструктивное исполнение рабочей камеры определяет тип источника питания (ИП). В его качестве применяют понижающие электропечные трансформаторы, выполняющие одновременно и роль разделительных. Мощность трансформаторов составляет 40–

250 кВА (трехфазные) и 15–250 кВА (однофазные). В установках, где требуется плавное регулирование напряжения, используют регулируемые трансформаторы такого же диапазона мощностей.

Основными технологическими параметрами обработки кормовых материалов электрическим током являются: способ и степень измельчения; вид и состав увлажняющего раствора; усилие или степень уплотнения кормовой массы; конечная температура и продолжительность обработки; род тока; напряженность электрического поля; плотность тока; количество электричества; pH среды. Основные параметры обработки некоторых кормовых материалов представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Способ обработки	Увлажняющий водный раствор		Давление уплотнения, МПа	Температура обработки, °С	Параметры электрического тока			pH показатель		
	Дисперсность фазы	состав			модуль увлажнения	частота, Гц	количество электричества, Кл/кг	напряженность электрического поля, В/м	анодит	катодит
Электротермохимический соломы	Измельчение, 30–50 мм	1,5 % NaCl 5 % Na ₂ CO ₃	1	350	90–95	50	-	800	-	-
Электрохимический соломы	То же	0,5 % NaCl 5 % Na ₂ CO ₃	1,5	100	75–80	0	1500–2000	300	2–3	10–12

Окончание табл. 8.1

Способ обработки	Дисперсность фазы	Увлажняющий водный раствор		Давление уплотнения, МПа	Температура обработки, °С	Параметры электрического тока			рН показатель	
		состав	модуль увлажнения			частота, Гц	количество электричества, Кл/кг	напряженность электрического поля, В/м	анодит	каголит
Электрогидротермохимический зерна	Плющение, 1–1,5 мм	1 % NaCl	0,8	25	80	50	-	2500	-	-
Электрохимический зерна	То же	0,5 % NaCl	1,2	10	70-75	0	5000-5500	400	Не рекомендовано	10-12

Выбор и обоснование режимов обработки, описание механизма воздействия электрического тока на кормовые материалы невозможны без знания их удельной электрической проводимости.

В естественном виде зерно, солома и другие кормовые материалы обладают относительной влажностью 13–18 % и представляют собой диэлектрик с удельной электрической проводимостью 10^{-6} – 10^{-9} См/м. Для обработки электрическим током такие материалы необходимо

увлажнить до относительной влажности 50–75 %. Показателем влажности является модуль увлажнения

$$W = m_p/m_m, \quad (8.1)$$

где m_p – масса вносимого раствора, кг;

m_m – масса сухого кормового материала, кг.

В увлажненном состоянии такие материалы представляют собой проводники, обладающие удельной электрической проводимостью 0,2–2,5 См/м. Температурные характеристики удельной электрической проводимости некоторых кормовых материалов имеют вид:

Соломы

$$\gamma_{tc} = \gamma_{20}(1 + 0,037(t - 20)); \quad (8.2)$$

зерна

$$\gamma_{tz} = \gamma_{20}(1 + 0,061(t - 20)), \quad (8.3)$$

где γ_{20} – удельная электрическая проводимость материала при 20 °С, См/м;

t – конечная температура обработки, °С.

Методика выполнения работы

1. Изучить классификацию, устройство установки для обработки кормовых материалов электрическим током, назначение каждого ее элемента, конструктивное исполнение рабочих камер и существующие источники их питания по настоящему лабораторному практикуму и конспекту лекций.

Экспериментальная установка (рис. 8.3) состоит из рабочей камеры EK , автотрансформатора TV , приборов измерения напряжения pV , тока pA и температуры.

2. Определить зависимость удельной электрической проводимости кормового материала γ_s , указанного преподавателем, от температуры при различных модулях увлажнения W . Для этого необходимо:

2.1. путем взвешивания определить массу кормового материала m_m ;

2.2. приняв модуль увлажнения $W = 1$, по формуле (8.1) определить массу вносимого раствора m_p ;

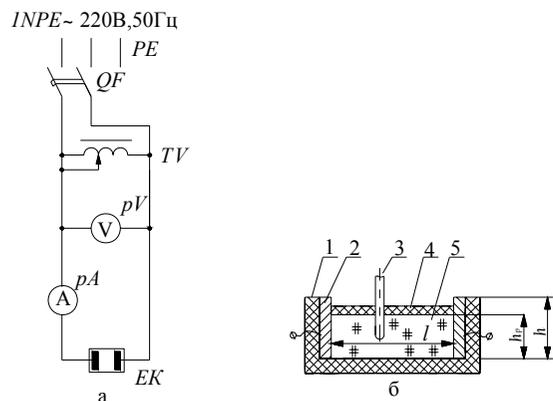


Рис. 8.3. Принципиальная электрическая схема экспериментальной установки (а) и рабочая камера (б): 1 – корпус; 2 – электроды; 3 – датчик температуры; 4 – уплотнитель; 5 – обрабатываемый кормовой материал; l – межэлектродное расстояние; h – высота электрода; h_p – рабочая высота электрода

2.3. измерить высоту электрода h , межэлектродное расстояние l и ширину электрода b (м);

2.4. тщательно перемешать кормовую массу с раствором в специальной емкости (**не в рабочей камере!**), полученную массу поместить в рабочую камеру;

2.5. уплотнить кормовую массу (давление $p = 25$ кПа), установить датчик температуры в отверстие уплотняющей крышки рабочей камеры и измерить рабочую высоту электрода h_p (м);

2.6. установив автотрансформатором напряжение $U = 120$ В, подать напряжение на рабочую камеру. Начиная с 20 °С, через каждые 10 °С определять величину тока и температуру. Результаты занести в табл. 8.2;

2.7. определить напряженность электрического поля E (В/м) и удельную электрическую проводимость γ_t (См/м).

Подготовку и обработку кормового материала производят по методике, изложенной в п. 2. Конечную температуру обработки принять равной 80 °С. Напряженность электрического поля определяют по формуле (8.4), изменяя напряжение в пределах 120; 110; 100 В автотрансформатором. Результаты записать в табл. 8.3. По результатам исследований построить графическую зависимость $\tau = f(E)$.

Таблица 8.2

Зависимость удельной электрической проводимости от температуры при различных модулях увлажнения

Температура обработки t , °С	Ток I , А	Напряжение U , В	Напряженность электрического поля E , В/м	Удельная электрическая проводимость γ_t , См/м
$W = 1$				
20				
30				
40				
·				
·				
80				
$W = 0,8$				
20				
·				
·				
80				
$W = 0,7$				
20				
·				
·				
80				
$W = 0,6$				
20				
·				
·				
80				

Таблица 8.3

Зависимость времени обработки от напряженности электрического поля при $t = 80$ °С

Напряжение U , В	120	110	100
Напряженность электрического поля E , В/м			
Время обработки τ , с			

Напряженность электрического поля

$$E = UI. \quad (8.4)$$

Удельную электрическую проводимость определить методом амперметра-вольтметра по формуле

$$\gamma_t = I/(Ubh_p) = I/(Ebh_p). \quad (8.5)$$

Аналогично определить удельную электрическую проводимость при модуле увлажнения $W = 0,8; 0,7; 0,6$. Построить графические зависимости $\gamma_t = f(t)$ при различных модулях увлажнения и $\gamma_t = f(W)$ при $t = 80^\circ\text{C}$, по которой определить модуль увлажнения при котором γ_t будет максимальная.

Определить зависимость времени обработки τ от напряженности электрического поля при W , соответствующем максимальному значению удельной электрической проводимости.

Содержание отчета

1. Цель и задачи работы.
2. Таблицы с результатами исследований.
3. Графические зависимости $\gamma_t = f(t)$, $\gamma_t = f(W)$, $\tau = f(E)$.

Контрольные вопросы

1. В чем состоят преимущества электротехнологических методов обработки кормовых материалов?
2. Приведите классификацию установок обработки электрическим током кормовых материалов.
3. Назовите основные элементы установки обработки электрическим током кормовых материалов и объясните их назначение.
4. Какие существуют источники питания установок обработки электрическим током кормовых материалов?
5. Укажите основные параметры обработки установок обработки электрическим током кормовых материалов.

Лабораторное занятие 9

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛУЧЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ИНФРАКРАСНЫМИ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель: изучить принципы регулирования инфракрасной облученности, устройство и основные параметры облучателей для обогрева молодняка животных и птицы.

Задачи работы

1. Изучить устройство, принцип действия, обозначение и основные характеристики представленных в лаборатории инфракрасных облучателей, применяемых для обогрева молодняка животных и птицы.
2. Исследовать зависимость инфракрасной облученности и «ощущаемой» температуры от напряжения и высоты подвеса облучателя.
3. Для заданного преподавателем варианта (вида и возраста молодняка) определить закономерность изменения напряжения питания инфракрасных облучателей при изменении в заданных пределах температуры помещения в зоне расположения животных.

Общие сведения

Эффективность воздействия инфракрасных лучей зависит от длины волны λ (от 0,76 мкм до 1 мм) и поглощательной способности поверхности тела. Поглощение инфракрасного излучения кожей зависит от ее состояния (влажности, наличия шерстного или пухо-перьевого покрова, пигментации). Это сложный биологический процесс, в котором принимает участие весь организм животного (птицы) с его терморегуляторным аппаратом.

Вследствие разной глубины проникновения механизм действия длинноволнового ($\lambda > 1,4$ мкм) и коротковолнового ($\lambda = 0,76-1,4$ мкм) излучений различен. Длинноволновое излучение поглощается поверхностными слоями кожи, вызывает их тепловую эритему и высыхание влаги шерстного (пухо-перьевого) покрова. Это ведет к расширению кровеносных сосудов, увеличивает скорость кровотока, что значительно улучшает тепловой режим животного (птицы).

Коротковолновое излучение проникает на глубину 2,5–8 мм. Энергия излучения поглощается тканями и преобразуется в тепловую. Повышение температуры ткани способствует ускорению химических ре-

акций и происходящих там биологических процессов, что, в конечном счете, повышает обмен веществ, улучшает питание тканей, ускоряет рассасывание и удаление патологических продуктов.

Наиболее используемыми источниками инфракрасного излучения являются инфракрасные лампы («светлые» излучатели) и трубчатые нагреватели, панели и другие электронагревательные элементы («темные» излучатели). Для защиты источников инфракрасного излучения от механических повреждений, пыли, влаги, а в некоторых случаях и перераспределения потока излучения в пространстве, применяют специальную арматуру (кожухи, сетки, отражатели, устройства подключения к сети). Источник излучения вместе с арматурой называется облучателем. Из отдельных облучателей могут быть созданы установки инфракрасного обогрева, в которых облучатели объединяются единой схемой управления.

В сельскохозяйственном производстве для обогрева молодняка животных и птицы используют облучатели: ОРИ-1 (ОРИ-2); ОВИ-1 (ОВИ-2); ССП01-250 (ССП05-250, ССП06-250, ССП09-250); ОСХ-01-1000; «ЛатВИКО»; ОКБ-1378А; ЭИ-1,0-И1; ЭИС-0,25-И1 «Ирис» и др. Особенности конструкции и основные технические параметры большинства из них приведены в специальной литературе [8-10, 15].

Керамические инфракрасные излучатели ЕСZ и ЕСН1 (рис. 9.1) изготовлены из огнеупорного материала большой механической прочности, устойчивого к резким изменениям температуры и воздействию большинства химических реагентов. Керамическая глазурь, которой покрыта поверхность излучателей, дополнительно предохраняет их от влаги и действия вредных испарений. Нагревательным элементом облучателей, залитым внутри керамического корпуса, является реостатная проволока RESISTONM 135.

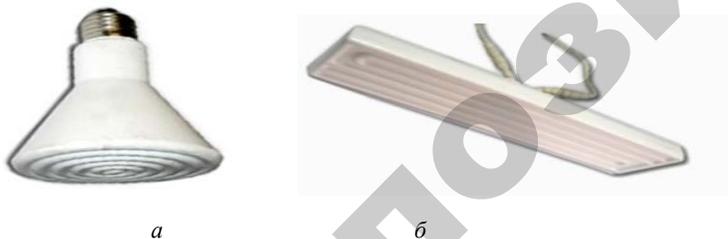


Рис. 9.1. Керамические инфракрасные обогреватели ЕСZ (а) и ЕСН1 (б)

При выборе мощности нагревателя необходимо иметь в виду, что с увеличением мощности нагревательного элемента растет интенсивность излучения и уменьшается длина волны (табл. 9.1 и 9.2). Максимальная рабочая температура поверхности излучателей – 600 °С для ЕСZ и 900 °С для ЕСН1. Обогреватель ЕСZ изготовлен наподобие инфракрасной лампы и оборудован цоколем Е27.

Таблица 9.1

Средняя температура поверхности и длина волны излучений керамических инфракрасных излучателей ЕСZ

Мощность, Вт	Средняя температура, °С	Длина волны, мкм	Масса, кг
75	330	5,0	0,16
150	460	4,0	0,16
250	560	3,5	0,16

Таблица 9.2

Средняя температура поверхности и длина волны излучений керамических инфракрасных излучателей ЕСН1

Мощность, Вт	250	400	600	800	1000
Средняя температура, °С	460	560	690	800	890
Длина волны, мкм	1,0-10,0				

Инфракрасный облучатель ССП 09-250 (рис. 9.2) состоит из пластмассового корпуса и металлического защитного кожуха, покрытого силикатной эмалью, которая легко очищается от загрязнений. Сетка внизу предохраняет лампу от повреждений.



Рис. 9.2. Инфракрасный облучатель ССП 09-250

Рекомендуемые значения ощущаемой температуры

Вид и возраст, сутки	Телята			Поросята		Цыплята		
	20	20–60	60–120	сосуны	> 14	1–5	6–12	13–21
Ощущаемая температура, °С	16–20	15–18	12–18	30	26	33–35	28–33	25–28

Инфракрасные облучатели применяют для создания требуемого температурного режима в зоне содержания животных и птицы. Инфракрасное излучение облучателя поглощается кожей животного или птицы, в результате этого облучаемое тело ощущает температуру более высокую, чем температура окружающего воздуха. Температура, которую ощущает тело в результате действия на него инфракрасного излучения и теплоты окружающего воздуха, называется «ощущаемой» температурой:

$$t_0 = t_{\text{л}} + t_{\text{в}}, \quad (9.1)$$

где t_0 – ощущаемая температура, °С;

$t_{\text{л}}$ – температура инфракрасного излучения, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Температуру инфракрасного излучения $t_{\text{л}}$ приближенно можно определить как

$$t_{\text{л}} = 0,04 \cdot E \cdot k, \quad (9.2)$$

где 0,04 – коэффициент, определяющий зависимость температуры инфракрасного излучения от инфракрасной облученности тела, °С / (Вт·м⁻²);

k – коэффициент «восприятия» инфракрасного излучения организмом животного (птицы), определяемый состоянием шерстного-перьевого покрова (загрязненности, влажности, окраски);

E – облученность поверхности тела, Вт·м⁻².

При неподвижном воздухе в помещении величина $k \approx 1$, с увеличением скорости воздуха и загрязнения кожно-перьевого покрова восприятие организмом инфракрасного излучения снижается.

Облученность, создаваемая облучателем, должна обеспечить требуемую ощущаемую температуру, которая нормируется в зависимости от вида и возраста животных (табл. 9.3).

Ощущаемая температура обеспечивается за счет рационального выбора параметров облучателей. Основными параметрами, по которым выбирают облучатели, являются: тип, мощность, число и взаимное расположение источников излучения в облучателе; напряжение на источнике; высота подвеса облучателя; способ регулирования облученности.

Мощность и количество источников излучения зависят от требуемой облученности и площади облучения. Если тип облучателя и, следовательно, мощность его источника инфракрасного излучения выбраны, то облученность (а, следовательно, и ощущаемую температуру) обеспечивают высотой подвеса облучателя или изменением напряжения питания. Высота подвеса облучателя ограничена снизу пожарной безопасностью (не ниже 0,5 м), а также конструкцией станка или другого оборудования, сверху – требуемой облученностью на заданной площади. Высота подвеса h должна быть принята из соображений минимально возможной. Она может быть принята по справочной литературе в зависимости от вида и возраста животных и типа облучателя или рассчитана.

При расчетном определении h исходят из зависимости $E(h)$ для выбранного типа облучателя. Требуемую облученность E находят по заданной величине ощущаемой температуры и фактической температуре воздуха в помещении [1–5, 8]:

$$E = \frac{t_0 - t_{\text{в}}}{0,04k}. \quad (9.3)$$

По известной облученности E и зависимости $E(h)$ может быть определена требуемая высота подвеса облучателя.

При изменении температуры в помещении изменяется и ощущаемая температура (9.1). Поэтому в процессе эксплуатации облучателей для поддержания заданной ощущаемой температуры приходится изменять величину облученности. Облученность регулируют изменением высоты подвеса или напряжения на источниках излучения.

При изменении h инфракрасные источники питаются от постоянного напряжения, чаще всего номинального. Однако этот способ управления связан со значительными затратами ручного труда

и повышенным расходом электрической энергии. Преимуществами способа регулирования облученности изменением питающего напряжения является возможность автоматизации процесса, увеличения срока службы ламп из-за понижения напряжения, сокращения расхода электрической энергии.

Основная задача регулирования – изменение облученности в зависимости от возраста животных или птицы и температуры воздуха в помещении.

Закон регулирования напряжения в зависимости от температуры в помещении находят из выражения для ощущаемой температуры (9.1). Из (9.1, 9.2) следует, что условие $t_0 = \text{const}$ при $t_B = \text{var}$ можно обеспечить, изменяя t_L . Уменьшая или увеличивая отклонение t_B , находят требуемые значения t_L и E . Далее зависимость $E(h)$ определяют экспериментально или по справочной литературе. По зависимостям $t_L(t_B)$, $E(h)$, $E(U)$ находят закон регулирования $U(t_B)$ [8].

Более подробные сведения об устройстве, принципе действия, обозначении и номенклатуре, основных параметрах инфракрасных облучателей, применяемых для обогрева молодняка сельскохозяйственных животных и птицы, методике и последовательности рассмотрения вопросов при расчете установок инфракрасного обогрева, методике получения закономерности изменения напряжения питания источников для разработки схемы автоматического управления установкой можно получить в специальной литературе [8–11, 15].

Задание для самостоятельной подготовки

1. По теоретическому материалу, приведенному выше, и рекомендуемой литературе изучить:

– устройство, принцип действия, обозначение, номенклатуру и основные параметры инфракрасных облучателей, применяемых для обогрева молодняка сельскохозяйственных животных и птицы;

– методику и последовательность рассмотрения вопросов при расчете установок инфракрасного обогрева молодняка животных и птицы;

– методику получения закономерности изменения напряжения питания источников для разработки схемы автоматического управления установкой инфракрасного обогрева молодняка животных и птицы.

2. В соответствии с требованиями нижеприведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета, в которой

привести краткие сведения о цели и задачах работы, устройстве, обозначении и основных параметрах инфракрасных облучателей, схему экспериментального стенда для проведения исследований, форму таблицы для регистрации результатов измерений и расчетов.

Методика выполнения работы

1. Изучить устройство экспериментального стенда для исследования изменения инфракрасной облученности, создаваемой облучателями на горизонтальной поверхности, при изменении напряжения питания и высоты подвеса облучателей (рис. 9.3).

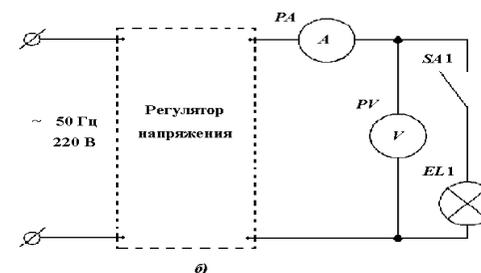
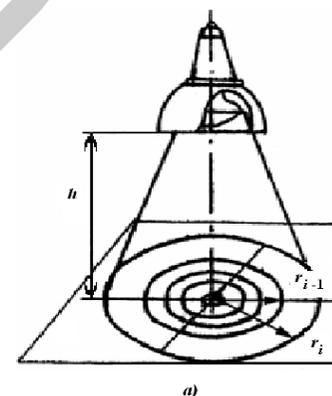


Рис. 9.3. Конструктивная (а) и принципиальная электрическая схемы (б) экспериментального лабораторного стенда

2. По представленным в лаборатории образцам ознакомиться с устройством, принципом действия, обозначением и основными параметрами инфракрасных облучателей (ОРИ-1, ССП01-250, ССП05-250 и др.).

3. На лабораторном экспериментальном стенде, включающем инфракрасный облучатель, приборы для измерения напряжения, тока и инфракрасной облученности, а также линейных размеров, исследовать изменения инфракрасной облученности, создаваемой облучателями на горизонтальной поверхности, при изменении напряжения питания и высоты подвеса облучателей. Для чего исследуемые облучатели подвесить на специально предназначенном для этой цели кронштейне на требуемой высоте, включить облучатель в сеть на заданное напряжение и измерить инфракрасную облученность в контрольных точках горизонтальной поверхности. Изменяя регулятором напряжение, повторить измерения.

Инфракрасную облученность измерять термостолбиком, подключенным к милливольтметру. Показания милливольтметра перевести в облученность по градуировочной кривой. Высоту подвеса облучателей изменять в пределах 0,4–0,8 м, напряжение питания – 140–220 В. Результаты измерений записать по форме табл. 9.4.

Таблица 9.4

Зависимость инфракрасной облученности от напряжения питания и высоты подвеса облучателя

h, м	U, В	Измерено						Вычислено	
		Облученность (Вт/м ²) на расстоянии от центра проекции излучателя (м)						E _{ср} , Вт/м ²	T _{ИК} , °С
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		
0,4	140								
	160								
	180								
	220								
0,6	140								
	160								
	180								
	220								
	... и т.д.								

В таблице: h – высота подвеса облучателя, м; U – напряжение питания облучателя, В; E_{ср} – средняя облученность, Вт/м²; T_{ИК} – температура, создаваемая инфракрасным облучателем, °С.

4. Построить графические зависимости $E_{ср} = f(h)$ при $U = \text{const}$ и $E_{ср} = f(U)$ при $h = \text{const}$.

5. Воспользовавшись результатами исследований $E_{ср} = f(U)$ для произвольно принятой высоты подвеса облучателя и заданного преподавателем варианта (вида и возраста молодняка), определить закономерность изменения напряжения питания инфракрасных облучателей при изменении в заданных пределах температуры помещения в зоне расположения животных.

6. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Методика вычислений

1. Среднюю инфракрасную облученность поверхности $E_{ИК,ср}$ рассчитать по формуле

$$E_{ИК,ср} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi \cdot (r_i^2 - r_{i-1}^2) \cdot E_i}{\sum_{i=1}^n \pi \cdot (r_i^2 - r_{i-1}^2)}, \quad (9.4)$$

где E_i – среднее значение инфракрасной облученности i -ой окружности, Вт·м² (рис. 5.5 [8]).

2. Для получения закономерности изменения напряжения питания инфракрасных облучателей при изменении в заданных пределах колебания температуры помещения в зоне расположения животных воспользоваться изложенной в [8, подразделе 5.4] методикой.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения об устройстве, принципе действия, обозначении, номенклатуре и основных параметрах инфракрасных облучателей, применяемых для обогрева молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.
3. Конструктивная и электрическая схема экспериментального лабораторного стенда.
4. Результаты произведенных измерений и расчетов (табл. 9.4).

5. Графические зависимости: $E_{CP} = f(U)$ при $h = \text{const}$; $E_{CP} = f(h)$ при $U = \text{const}$. Значения $h = \text{const}$ и $U = \text{const}$ согласовать с преподавателем.

6. Аналитическая зависимость $U = f(T_{II})$.

7. Выводы по результатам проделанной работы.

Контрольные вопросы

1. Объясните механизм воздействия инфракрасного излучения на организм животных и птицы.

2. Какие величины и единицы их измерения служат для оценки действия инфракрасного излучения?

3. Расскажите об устройстве известных Вам инфракрасных облучателей, применяемых для обогрева молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.

4. Как определить среднее значение инфракрасной облученности, создаваемой круглосимметричным облучателем на горизонтальной поверхности, при известном ее распределении на облучаемой поверхности?

5. Поясните физический смысл термина «ощущаемая» температура.

6. Какими способами регулируется инфракрасная облученность рабочей поверхности?

7. Приведите методику получения закономерности изменения напряжения питания источников при разработке схемы автоматического управления установкой инфракрасного обогрева молодняка животных и птицы.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВА И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Цель: изучить устройство и основные параметры комбинированных установок для инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы, принципы автоматического управления ими.

Задачи работы

1. Изучить устройство, принцип действия, обозначение и основные характеристики представленных в лаборатории комбинированных установок инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы.

2. Изучить работу схем управления установками ИКУФ-1, ИКУФ-1М и «Луч».

3. Определить изменения инфракрасной и ультрафиолетовой облученностей в продольной и поперечной плоскостях в зависимости от напряжения и высоты подвеса облучателей исследуемых установок.

Общие теоретические сведения

В основе эффективности комбинированного облучения лежит одновременное воздействие на один объект двух потоков разных спектральных диапазонов. Ультрафиолетовое облучение животных и птицы наиболее эффективно в сочетании с инфракрасным обогревом. Количественно оценить соотношение этих потоков в общем случае можно с помощью коэффициента комбинации $K_{\Phi} = \Phi_1 / \Phi_2$, где Φ_1 и Φ_2 – полные инфракрасный и ультрафиолетовый потоки облучателя. Естественный коэффициент комбинации K_{Φ} инфракрасного и ультрафиолетового потоков для территории Беларуси находится в пределах $0,7-3,25 \text{ Вт} \cdot \text{мвит}^{-2}$.

Для одновременного инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка сельскохозяйственных животных и птицы разработаны и серийно выпускают стационарные автоматизированные установки ИКУФ-1, ИКУФ-1М, «Луч», «СОЖ», предназначенные для местного обогрева порослят-сосунов до 45–60-дневного воз-

раста, телят до 45–120-дневного возраста, ягнят до 60-дневного возраста, молодняка птицы (цыплят, индюшат, утят, гусят) до 20–30-дневного возраста и их ультрафиолетового облучения в течение времени содержания. Установки комплектуются 20, 40, 60 или 80 облучателями и шкафом управления. Каждый облучатель содержит две инфракрасные лампы ИКЗК 220-250 и одну (две) ультрафиолетовую (ЛЭ15, ЛЭО15, ДРТ100 или ДРТ2-100). Особенности конструкции и основные технические параметры указанных установок приведены в специальной литературе [8–10, 12, 13, 15].

Шкаф управления установками ИКУФ и «Луч» содержит аппаратуру защиты и управления облучателями по заданной программе. Время включения в течение суток и продолжительность работы инфракрасных и ультрафиолетовых ламп задается посредством реле 2РВМ. Программу на реле 2РВМ устанавливают в соответствии с зоотехническими требованиями для заданного вида и возраста животных и птицы.

Принципиальная электрическая схема облучательных установок типа ИКУФ, «Луч» (рис. 10.1) предусматривает независимую друг от друга работу инфракрасных и ультрафиолетовых ламп. Управление ультрафиолетовыми лампами может осуществляться как по заданной временной программе, так и вручную.

По временной программе установка работает при положении тумблера SA2 в «Авт». При срабатывании замыкающего контакта КТ программного реле времени катушка пускателя КМ получает питание и своими замыкающими контактами КМ подключает к сети ультрафиолетовые лампы (клеммы B6, C6, N) через автотрансформаторы TV2 и TV3, о чем сигнализирует индикаторная лампа HL2. Индикаторная лампа HL1 сигнализирует о наличии питающего напряжения. Автоматические выключатели QF1 и QF2 обеспечивают защиту ультрафиолетовых и инфракрасных ламп от аварийных режимов.

Тумблером SA4 устанавливают автоматический или ручной режим работы инфракрасных ламп. Контакт SA4.1 в автоматическом и ручном режимах подает напряжение на трансформатор TV1, о чем сигнализирует индикаторная лампа HL3. Со вторичной обмотки трансформатора TV1 напряжение подается на выводы 13 и 8 блока управления A1. Выводы 1, 5, 9 блока A1 путем воздействия на управляющие электроды симисторов VS1–VS3 обеспечивают регулирование напряжения, подаваемого на инфракрасные лампы (выводы C3, B3, A3).

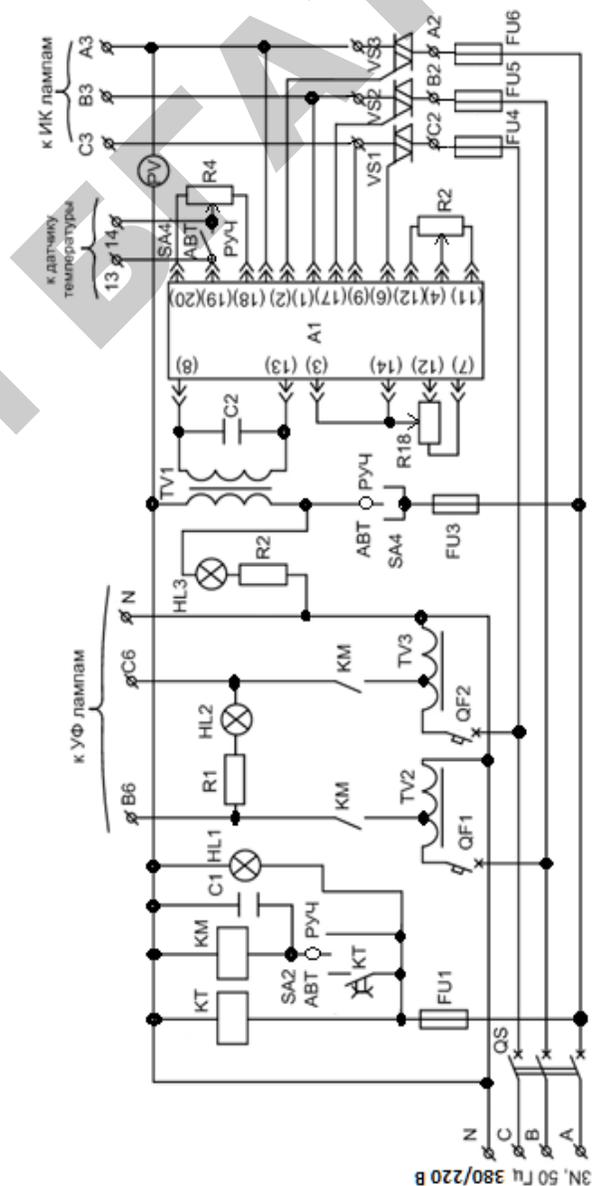


Рис. 10.1. Принципиальная электрическая схема облучательных установок типа ИКУФ и «Луч»

Регулирование напряжения, подаваемого на инфракрасные лампы, осуществляется при постоянной высоте подвеса облучателей. В автоматическом режиме, когда контакт *SA4* разомкнут и к клеммам *13* и *14* подключен датчик температуры (установленный в зоне содержания животных или птицы), сигнал разбаланса сравнивается в блоке *A1* с заданным значением (резистор *R4*). В зависимости от знака сигнала разбаланса блок *A1* подает сигнал на открытие или закрытие симисторов *VS1–VS3*. Переменным резистором *R4* устанавливается необходимая температура срабатывания симисторов. Угол открытия симисторов (напряжение на инфракрасных лампах) регулируют переменным резистором *R18*, а ограничение напряжения – резистором *R2*.

В ручном режиме управления инфракрасным облучением контакт *SA4* замкнут и шунтирует датчик температуры. Управление напряжением на инфракрасных лампах осуществляется посредством переменного резистора *R18*.

Для профилактического и лечебного воздействия одновременно ультрафиолетовыми и (или) инфракрасными лучами предназначен облучатель комбинированный настольный ОКН (рис. 10.2). Он состоит из основания, рефлектора с кожухом и штанги. Источником инфракрасных лучей является нихромовая спираль, а ультрафиолетовых – ртутно-кварцевая лампа ДРТ-400, которые смонтированы в одной отражательной системе.

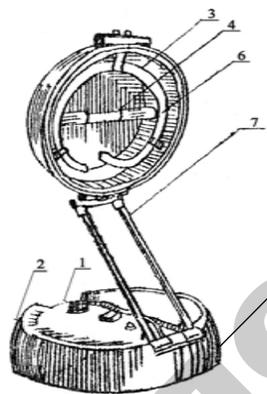


Рис. 10.2. Облучатель ОКН: 1 – устройство управления; 2 – ПРА; 3 – отражатель; 4 – источник излучения; 5 – устройство крепления; 6 – источник инфракрасного излучения; 7 – штатив; 8 – корпус

В основании облучателя расположен часовой механизм со звуковым сигналом, свидетельствующим об окончании процедуры, тумблер для включения часового механизма, пакетный переключатель и пусковое устройство. Питание осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В.

Аппарат можно установить в любом нужном положении, его легко складывать и удобно переносить, поскольку для этого имеется специальная ручка. Шарнирное соединение штанги с рефлектором и основанием позволяет при работе придавать рефлектору необходимое положение.

Более подробные сведения об устройстве, принципе действия и основных параметрах комбинированных установок инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения можно получить в специальной литературе [8–10].

Задание для самостоятельной подготовки

1. По теоретическому материалу, приведенному выше, и рекомендуемой литературе [8–10, 15] изучить:

- устройство, принцип действия, обозначение, номенклатуру и основные параметры комбинированных установок инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы;
- работу схемы управления установками ИКУФ-1, ИКУФ-1М и «Луч».

2. В соответствии с требованиями нижеприведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета по лабораторной работе, в которой привести краткие сведения о цели и задачах работы, устройстве, обозначении и основных параметрах комбинированных установок инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы, формы таблиц для регистрации результатов измерений и расчетов.

Методика выполнения работы

1. Изучить устройство экспериментального стенда для исследования изменения инфракрасной и ультрафиолетовой облученностей, создаваемых облучателями на горизонтальной поверхности, при изменении напряжения питания и высоты подвеса облучателей.

2. По представленным в лаборатории образцам ознакомиться с устройством, принципом действия, обозначением и основными параметрами комбинированных установок инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы (ИКУФ-1, ИКУФ-1М и «Луч»).

3. На лабораторном экспериментальном стенде с облучателями и станцией управления установками инфракрасного обогрева и ультрафиолетового, приборами для измерения напряжения, инфракрасной и ультрафиолетовой облученностей, а также линейных размеров, исследовать изменения инфракрасной и ультрафиолетовой облученностей, создаваемых облучателями на горизонтальной поверхности, при изменении напряжения их питания и высоты подвеса.

Определить кривые распределения инфракрасной и ультрафиолетовой облученностей в контрольных точках продольной и поперечной плоскостях, проходящих через центр проекции облучателей на горизонтальную плоскость рабочей поверхности, которая отстоит от облучателя на расстоянии $h = 0,6; 0,8$ и 1 м. Напряжение питания инфракрасных ламп по показанию вольтметра принять равным 220, 180, 140 и 100 В, изменяя переменным резистором R18 при нахождении тумблера SA4 в положении «Р – ручное». Инфракрасную облученность измерять термостолбиком, подключенным к милливольтметру. Для перевода показаний милливольтметра (мВ) в инфракрасную облученность воспользоваться переводным коэффициентом $k_{ИК} = 43 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{мВ}^{-1}$. Поскольку облучатели имеют оси симметрии в продольных и поперечных плоскостях, измерения достаточно провести в правой или левой полуплоскости от центра. Ультрафиолетовую облученность измерить люксметром с фотоэлементом без насадки. Переводной коэффициент принять $k_{УФ} = 2,54 \text{ мВит}\cdot\text{м}^{-2}$.

Результаты измерений записать по форме табл. 10.1–10.3.

4. По результатам расчетов средних облученностей для продольной и поперечной плоскостей построить графические зависимости $E_{СР\ ИК} = f(h)$ при $U = 220 \text{ В}$ (табл. 10.1), $E_{СР\ ИК} = f(U)$ при $h = 1 \text{ м}$ (табл. 10.2) и $E_{СР\ УФ} = f(h)$ при $U = 220 \text{ В}$ (табл. 10.3).

Таблица 10.1

Зависимости распределения инфракрасной облученности ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) на рабочей поверхности от высоты подвеса облучателей исследуемых установок при номинальном напряжении 220 В

Расположение контрольных точек вдоль оси	Высота подвеса облучателя h , м	Расстояние от центра, м						Средняя облученность
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
Облучатель установки								
Продольной	1,0							
Поперечной								
Продольной	0,8							
Поперечной								
Продольной	0,6							
Поперечной								

Таблица 10.2

Зависимости распределения ультрафиолетовой облученности ($\text{мВит}\cdot\text{м}^{-2}$) на рабочей поверхности от высоты подвеса облучателей исследуемых установок при номинальном напряжении 220 В

Расположение контрольных точек вдоль оси	Высота подвеса облучателя h , м	Расстояние от центра, м						Средняя облученность
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
Облучатель установки								
Продольной	1,0							
Поперечной								
Продольной	0,8							
Поперечной								
Продольной	0,6							
Поперечной								

Таблица 10.3

Зависимости распределения инфракрасной облученности ($Вт \cdot м^{-2}$) на рабочей поверхности от напряжения питания инфракрасных источников облучателей исследуемых установок при $h = 1 м$

Расположение контрольных точек вдоль оси	Напряжение питания ИК ламп, В	Расстояние от центра, м						Средняя облученность
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
Облучатель установки								
Продольной	220							
Поперечной								
Продольной	180							
Поперечной								
Продольной	140							
Поперечной								
Продольной	100							
Поперечной								

5. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Методика вычислений

Среднюю инфракрасную облученность поверхности в продольной и поперечной плоскостях $E_{ср}$ рассчитать по формуле 9.4.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения об устройстве, принципе действия, обозначении, номенклатуре и основным параметрам установок для инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы.
3. Принципиальная электрическая схема управления установками ИКУФ-1 и «Луч».
4. Результаты произведенных измерений и расчетов (табл. 10.1–10.3).
5. Графические зависимости по п. 4 методики выполнения работы.
6. Выводы по результатам проделанной работы.

Контрольные вопросы

1. Какие комбинированные установки инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных и птицы Вам известны? Приведите отличительные особенности их конструкции.
2. Расскажите об устройстве и назначении установки ИКУФ-1 (ИКУФ-1М).
3. Расскажите об устройстве и назначении установки «Луч» («СОЖ»).
4. Как определить среднее значение инфракрасной облученности, создаваемой круглосимметричным облучателем на горизонтальной поверхности, при известном ее распределении на облучаемой поверхности?
5. Каким способом задаются режимы в автоматизированных комбинированных установках инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения животных и птицы?
7. Объясните работу схемы управления установками ИКУФ-1 и «Луч».

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛИЧНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить устройство, схемы включения и основные параметры облучателей, применяемых в установках искусственного облучения растений, ознакомиться с особенностями конструктивного исполнения применяемых в них источников. Исследовать электрические и светотехнические параметры облучателей и их изменение при включении.

Задачи работы

1. Изучить устройство, принцип действия, схемы включения, обозначение и основные характеристики представленных в лаборатории тепличных облучателей.
2. Получить практические навыки исследования электрических и светотехнических параметров тепличных облучателей.

Общие сведения

Одним из важнейших условий существования биологической жизни на Земле является поглощенная и преобразованная энергия оптического излучения во всех ее видах и качествах в богатые энергией биохимические связи. Наиболее распространенной в природе фитобиологической реакцией является реакция *фотосинтеза*. При фотосинтезе световая энергия трансформируется в химическую энергию органических молекул растений и микроорганизмов путем восстановления углекислого газа до углеводов и выделения при этом кислорода. Выделяющийся в результате фотоллиза воды кислород – основной фактор формирования земной атмосферы и поддержания в ней кислородного баланса.

Наибольшей эффективностью для фотосинтеза является оптическое излучение с длиной волны $\lambda = 400\text{--}700$ нм. Излучение в указанном спектральном диапазоне получило название *фотосинтетически активной радиации* (ФАР).

В климатических условиях Беларуси при недостаточном уровне и продолжительности естественного уровня оптической облученности для повышения эффективности выращивания растений и синтеза

в них органических веществ широко применяют искусственное облучение. При искусственном облучении растений требуются весьма высокие уровни облученности ($25\text{--}50$ Вт·м⁻², $8\text{--}17$ фит·м⁻², $7\text{--}13$ тыс. лк), которые могут быть обеспечены лишь электрическими источниками излучения – преимущественно газоразрядными лампами низкого и высокого давления [8, 14].

Если проанализировать применяемые для выращивания растений источники [8], то можно сделать следующие выводы. Люминесцентные лампы, нашедшие применение для облучения растений на стеллажах и лотках, а также при выращивании рассады или цветочных культур в офисных и домашних оранжереях, имеют КПД ФАР до 28 %. Они относительно дешевы и долговечны, отличаются относительно небольшой температурой колбы в рабочем режиме, что позволяет их размещать на небольшом расстоянии от растений. Однако для них характерны относительно большие габариты и материалоемкость.

Значительное применение в теплицах получили ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью (типа ДРЛФ). Их достоинство – большая концентрация мощности, высокий срок службы и низкая стоимость. Основной недостаток – повышенное излучение в ближней УФ части спектра и низкий КПД ФАР.

Натриевые и металлогалогенные лампы высокого давления отличаются наиболее высоким КПД ФАР, повышенным сроком службы, благоприятным для фотосинтеза спектром излучения, что обеспечивает им расширяющиеся масштабы использования в облучателях и установках для облучения растений. КПД ФАР натриевых ламп достигает $25\text{--}35$ %. Благодаря этому, а также большой средней продолжительности горения, натриевые лампы высокого давления получили широкое применение в теплицах. Основной их недостаток – малое излучение в синей части спектра, не превышающее 8 %.

Металлогалогенные лампы лишены этого недостатка. В спектре излучения металлогалогенных ламп с йодидами *Sc* и *Na* содержится излучение натрия (желто-оранжевая часть спектра), скандия (излучение в синей и красной частях спектра) и ртути (излучение в синей, зеленой и желтой частях спектра). Приемлемый спектр излучения, регулируемый соответствующими светящимися добавками, высокий КПД ФАР ($25\text{--}30$ %) и большой диапазон мощностей ($0,25\text{--}4$ кВт) позволяют эффективно использовать их при крупномасштабном выращивании овощной, цветочной и другой сельскохозяйственной продукции, а также в селекционно-генетических исследованиях.

Из многообразия стационарных тепличных облучателей, изготавливаемых для установок искусственного облучения растений, отметим только наиболее часто применяемые: ЖСП30 с лампами ДНаЗ (ДНаТ) мощностью 400 или 600 Вт; ЖСП59 и ЖСП70 с лампами ДНаЗ400 (ДНаТ400); ЖСП64 с лампами ДНаЗ600 (ДНаТ600); ЖСП62 с лампами ДНаТ400; ЖСП61 с лампами ДНаТ600; ГСП30 с лампами ДРИ модификации 6 мощностью 1000 и 2000 Вт. В тепличных комбинатах можно также встретить тепличные облучатели: ОТ-400 с лампой ДРЛФ400; ОТ-1000 с лампой ДРФ1000; ГСП26-400 и ГСП26-1000 с лампами ДРИ400 и ДРИ1000; ОТ-2000 с лампой ДРОТ2000; РСП15-2000 с лампой ДРЛ2000; ССП03-750 с лампой ДРВ750; РСП26-125 с лампой ДРЛ125; ЖСП18-400 с лампой ДНаТ400; серии ОГС01 «Фотос» с лампами ДРИ1000, 2000, 3500 и ДМЗ 3000; типа 02ДП «Светотрон» с лампой ДРИ-2000; облучатели с лампами ЛФ и ЛФР, смонтированными в рамках-кассетах, например, ОТ 6×40, и др. Особенности конструкции и основные технические параметры большинства из них приведены в специальной литературе [1–3, 7].

Облучатель ЖСП 64-600-001Т (рис. 11.1) изготовлен из литого алюминиевого корпуса с высоким уровнем защиты от коррозии. Комплектуется электронным пускорегулирующим аппаратом и лампой ДНаЗ600 РЕФЛАКС «супер» с повышенным уровнем светоотдачи – до $143 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$. Его технические параметры: напряжение питания – $230 \text{ В} \pm 10\%$ переменного тока частотой 50–60 Гц; номинальный ток лампы – 3,6 А; коэффициент мощности – 0,98; светораспределение – П; тип кривой силы света – Ш; климатическое исполнение – У5; степень защиты отсека ЭПРА – IP65; габариты – $700 \times 285 \times 273 \text{ мм}$; масса – 2,6 кг.



Рис. 11.1. Общий вид тепличного облучателя ЖСП 64-600-001Т

Облучатель ОТ-2000 (см. рис. 11.2) состоит из диффузного отражателя и зажигающего устройства, объединенных в одном алюминиевом корпусе. Поверхность отражателя покрыта теплостойкой кремнийорганической эмалью. Зажигающее устройство расположено рядом с лампой, что уменьшает длину высоковольтных проводов. Конструкция патронов для лампы обеспечивает ее надежное крепление, а также легкую смену. Отражатель обеспечивает защиту лампы от воды и ее интенсивную естественную вентиляцию. Корпус облучателя выполнен из алюминия. Снижению его массы способствует также размещение балластного дросселя на удалении. В качестве источника света в облучателе ОТ-2000 использована высокоэффективная металлогалогенная лампа ДРОТ2000. КПД облучателя – не менее 70 %; КПД ФАР лампы – не менее 25 %; напряжение питания – 380 В, 50 Гц; потребляемая мощность – 2000 Вт при коэффициенте мощности равном 0,6; масса облучателя (без ПРА) – 7 кг.

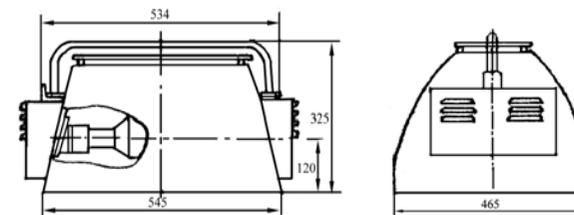


Рис. 11.2. Элементы конструкции облучателя ОТ-2000-01

Электрическая схема облучателя ОТ-2000 (рис. 11.3) работает следующим образом. После подачи на ПРА напряжения питания начинает работать схема зажигания, которая состоит из емкостного удвоителя напряжения на диодах VD1–VD4 и конденсаторов C1, C2, разрядника F1, зашунтированного резистором R1, и импульсного трансформатора TV, вторичная высоковольтная обмотка которого включена последовательно с лампой EL. При работе схемы зажигания напряжение сети через обмотку пускорегулирующего аппарата и диоды VD1–VD4 в выпрямленном виде прикладывается к конденсаторам C1, C2 и заряжает их до напряжения пробоя разрядника F1, который пробивается и вызывает разряд конденсаторов C1 и C2 на первичную обмотку трансформатора TV, что приводит к запиранию разрядника, новому заряду конденсаторов, пробоем разрядника и повторению цикла работы.

Методика выполнения работы

1. Изучить устройство экспериментального стенда для исследования электрических и светотехнических параметров тепличных облучателей (рис. 11.4).

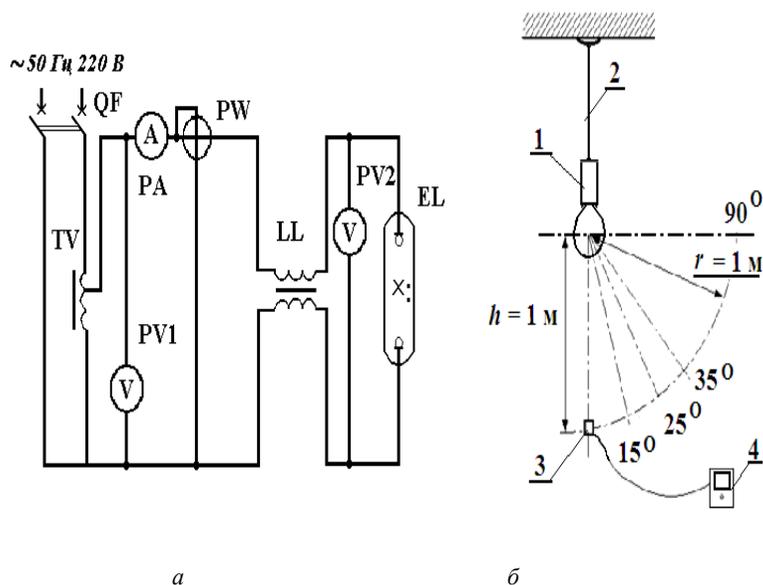


Рис. 11.4. Принципиальная электрическая (а) и конструктивная (б) схемы экспериментального стенда:

1 – облучатель; 2 – подвес; 3 – фотоэлемент люксметра; 4 – люксметр

2. По представленным в лаборатории плакатам и образцам изучить устройство, основные характеристики и схемы включения облучателей и источников, применяемых для облучения растений.

3. На экспериментальном стенде исследовать светораспределение указанных преподавателем облучателей, для чего облучатели поочередно подвесить в затемненном пространстве таким образом, чтобы расстояние от его светового центра до фотоэлемента люксметра составило 1 м.

Включить облучатель в сеть и после разгорания лампы (5–8 минут), перемещая специальным приспособлением фотоэлемент люксметра вокруг облучателя по окружности (радиусом $r = 1$ м), измерить в заданных точках пространства освещенность, создаваемую облучателем. Результаты измерений записать в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Результаты исследований светотехнических параметров тепличных облучателей.

Угол направления излучения α , град	Измерено		Вычислено					КПД η , %
	Освещенность E_{α} , лк	Облученность E_{ϕ} , Вт/м ²	K_{ϕ} , Вт/лм	Сила		Поток		
				света I_{α} , кд	энергетического излучения I_{ϕ} , Вт/ср	световой Φ_{Σ} , лм	энергетический Φ_{Σ} , Вт	
Облучатель								
0								
5								
15								
...								
180								

Не выключая облучатель, повторить измерения в этих же точках пространства, измеряя радиометром энергетическую облученность, создаваемую облучателем.

4. Для каждого из углов направления излучения вычислить значения переводного коэффициента K_{ϕ} от системы световых величин к системе энергетических величин, силы света I_{α} и энергетического излучения I_{ϕ} , световой поток Φ_{Σ} , энергетический поток излучения Φ_{Σ} , для соответствующих телесных углов.

Результаты расчетов представить в виде таблицы (табл. 11.1).

5. Построить в полярных координатах кривые силы света и силы энергетического излучения: $I_{\alpha} = f(\alpha)$ и $I_{\phi} = f(\alpha)$.

6. Вычислить световой Φ_{Σ} и энергетический Φ_{Σ} потоки облучателя, направленные в нижнюю $\Phi_{\Sigma \downarrow}$ ($\Phi_{\Sigma \uparrow}$) и верхнюю $\Phi_{\Sigma \uparrow}$ ($\Phi_{\Sigma \downarrow}$) полусферы.

7. Определить КПД облучателя η , %.

8. Исследовать изменение электрических и светотехнических параметров тепличного облучателя во время разгорания, для чего облучатель после остывания (не менее 15 мин) включить в сеть и фиксировать данные (напряжение сети U_{Σ} и на лампе U_{λ} , ток I , потребляемый схемой, и освещенность в расчетной точке на расстоянии 1 м от облучателя E) в момент включения ($\tau = 0$) и через каждые 30 секунд ее работы до стабилизации всех параметров.

Для соответствующих интервалов времени вычислить полную мощность S (ВА), потребляемую облучателем. Результаты измерений и расчетов представить по форме табл. 11.2.

Таблица 11.2

Временные изменения параметров тепличного облучателя

Время разгорания τ , с	Измерено				Вычислено
	Напряжение сети U_c , В	Напряжение на лампе U_l , В	Ток лампы I , А	Освещенность E , лк	
0					
30					
60					
...					
420					

Построить графически зависимость тока I и напряжения на лампе U_l в функции времени разгорания τ .

9. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Методика вычислений

1. Для вычисления значения переводного коэффициента K_Φ , Вт·лк/м², воспользоваться формулой

$$K_\Phi = \frac{E_\Phi}{E_\alpha}, \quad (11.1)$$

где E_α и E_Φ – соответственно значения освещенности, измеренные люксметром, лк, и энергетической облученности, измеренные радиометром, Вт/м².

2. Значение силы света I_α и силы энергетического излучения I_Φ определить по формуле

$$I_{\alpha(\Phi)} = \frac{E_{\alpha(\Phi)} \cdot r^2}{\cos\beta}, \quad (11.2)$$

где $E_{\alpha(\Phi)}$ – освещенность (энергетическая облученность) плоскости, перпендикулярной рассматриваемому направлению α , лк (Вт/м²);

r – расстояние от источника до точки замера, м;

β – угол падения потока излучения на фотоприемник (в работе $\beta = 0^\circ$).

3. Поток для соответствующего телесного угла – $\Phi_5 = I_5 \cdot \omega_{0-10}$, $\Phi_{15} = I_{15} \cdot \omega_{10-20}$, ..., $\Phi_{85} = I_{85} \cdot \omega_{80-90}$ и т. д., где I_i – значение силы света и силы энергетического излучения в заданном направлении, кд (Вт/ср); $\omega_{(i-5)-(i+5)}$ – значение телесного угла в интервале меридианного угла, ср.

4. Световой Φ_C (энергетический Φ_Φ) поток облучателя, направленный в нижнюю $\Phi_{C\downarrow}$ ($\Phi_{\Phi\downarrow}$) или верхнюю $\Phi_{C\uparrow}$ ($\Phi_{\Phi\uparrow}$) полусферы равен:

$$\Phi_{C(\Phi)\downarrow} = \Phi_5 + \Phi_{15} + \Phi_{25} + \dots + \Phi_{75} + \Phi_{85}; \quad (11.3)$$

$$\Phi_{C(\Phi)\uparrow} = \Phi_{95} + \Phi_{105} + \Phi_{115} + \dots + \Phi_{165} + \Phi_{175}. \quad (11.4)$$

5. КПД облучателя равен

$$\eta_C = (\Phi_{C\downarrow} + \Phi_{C\uparrow}) / \Phi_{\text{ист } C}, \quad (11.5)$$

где $\Phi_{\text{ист } C}$ – световой поток лампы в облучателе (приложение 2 [1]).

6. Полная мощность S облучателя, ВА:

$$S = U_c \cdot I. \quad (11.6)$$

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения об устройстве, принципе действия, обозначении, номенклатуре и основным параметрам тепличных облучателей.
3. Конструктивная и электрическая схема экспериментального лабораторного стенда.
4. Результаты произведенных измерений и расчетов (табл. 11.1 и 11.2).
5. Графические зависимости:
 - кривые силы света и силы энергетического излучения [$I_\alpha = f(\alpha)$ и $I_\Phi = f(\alpha)$];
 - тока I и напряжения на лампе U_l в функции времени разгорания τ ($I = f(\tau)$ и $U_l = f(\tau)$).
6. Выводы по результатам проделанной работы.

Контрольные вопросы

1. Поясните устройство исследуемых Вами облучателей, используемых для искусственного облучения растений.
2. Какие источники ОИ применяют для искусственного облучения растений. Приведите их характеристики и отличительные особенности конструкции.
3. Как при известной кривой силы излучения определить поток и КПД облучателя?
4. Как и почему изменяются светотехнические и электрические параметры исследуемых Вами источников ОИ при разгорании?
5. Какие единицы измерения применяют для оценки действия ОИ на растения? Назовите величины их измерения.
6. Что характеризует и как определяется переводной коэффициент от системы световых величин к системе энергетических величин?

Лабораторное занятие 12

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель: изучить устройство и принципа действия установок для субъективного люминесцентного анализа, ознакомиться с методикой и получить практические навыки определения качества сельскохозяйственных продуктов.

Задачи работы

1. Ознакомиться с принципом люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов.
2. Изучить устройство и принцип действия приборов для субъективного люминесцентного анализа типов «Люминоскоп Фили», «Луч» и «Малютка».
3. Изучить устройство и принцип действия ламп типов СВД-120А и УФО-4А.
4. Освоить метод и получить практические навыки субъективного люминесцентного анализа качества сельскохозяйственных продуктов.

Общие теоретические сведения

Люминесцентный анализ основан на использовании явления фотолюминесценции, которое проявляется через свечение вещества под воздействием оптического излучения, в частности ультрафиолетового.

Свойства вещества определяются строением электронного слоя его молекул и атомов. Поглощение веществом фотонов оптического излучения приводит к изменению энергии связи внешних электронов атомов с ядром. При достаточной энергии фотоны способны возбудить атомы и молекулы, в результате чего электроны из внешнего слоя переходят на более высокий энергетический уровень. Если такие молекулы и атомы в течение времени существования в возбужденном состоянии (менее 10^{-8} с) не испытывают внешних воздействий, то они спонтанно переходят в равновесное состояние люминесцируют (излучают оптическое излучение).

Большинство продуктов люминесцирует под воздействие ультрафиолетового и видимого излучения. Однако в качестве возбуждаю-

щего фактора наиболее удобно использовать ультрафиолетовое излучение, которое не смешивается с видимым излучением, возникающим в результате люминесценции.

Наблюдаемые при люминесценции спектры излучения содержат, как правило, большое число полос излучения, обусловленных наличием целого ряда люминесцирующих компонентов. Выделение каждой отдельной полосы излучения с целью идентификации того или иного люминесцирующего компонента возможно только при использовании монохроматического возбуждения и селективной регистрации. Возбужденный цвет люминесценции в зависимости от состояния вещества (качества продуктов) имеет различный спектральный состав и интенсивность, определяемые их химико-биологическим состоянием и составом молекул.

Степень изменения спектрального состава и интенсивности фотолюминесценции определяет глаз наблюдателя или специальный прибор. В первом случае люминесцентный анализ называют субъективным, во втором – объективным. Субъективный анализ менее точен, требует большого навыка, но устройство приборов для его проведения значительно проще. При субъективном анализе состояние вещества (качество продуктов) определяют путем сравнения фактического цвета люминесценции вещества (продукта) с приведенным в справочной литературе характерным для его состояния спектром люминесценции (табл. 12.1).

Принципиальная конструктивная схема прибора для субъективного анализа качества сельскохозяйственных продуктов приведена на рис. 12.1. Он состоит из камеры 1, в которой установлен источник оптического излучения (чаще всего ртутно-кварцевая лампа) 3, зеркального отражателя 2 и светофильтра 4. Оптическое излучение источника через светофильтр подается на исследуемый объект 5, а излучение люминесценции воспринимается глазом наблюдателя 6.

При субъективном люминесцентном анализе сельскохозяйственных продуктов применяют приборы «Люминоскоп Филя», «Луч», «Малютка», «Ультрасвет» и др.

Прибор «Луч» состоит из камеры с ртутно-кварцевой лампой и зеркальным отражателем. Ртутно-кварцевая лампа СВД-120А номинальной мощностью 120 Вт (рис. 12.2) является источником излучения в видимой и ультрафиолетовой частях спектра, однако на исследуемый объект через светофильтр подается только ультрафиолетовое излучение. Лампа состоит из кварцевой колбы с электродами: двумя вольфрамовыми рабочими и одним поджигающим.

Напряжение на лампе в рабочем режиме составляет 125 В, ток – около 1 А, излучаемый световой поток – 4200 лм.

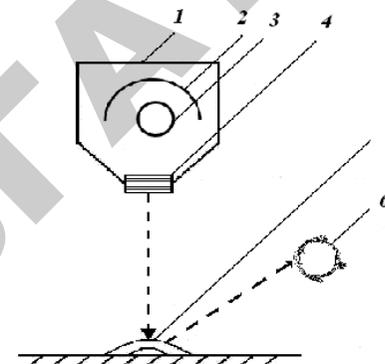


Рис. 12.1. Принципиальная схема устройства прибора для люминесцентного анализа: 1 – камера; 2 – зеркальный отражатель; 3 – ртутно-кварцевая лампа; 4 – светофильтр; 5 – исследуемый объект; 6 – глаз наблюдателя

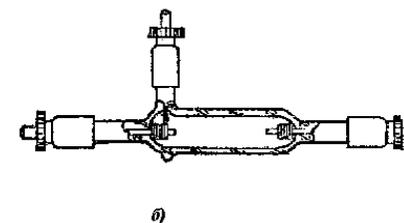
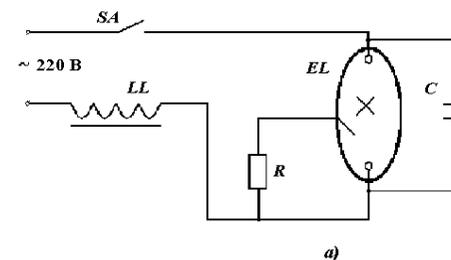


Рис. 12.2. Принципиальная схема включения (а) и устройство (б) ртутно-кварцевой лампы СВД-120А

Таблица 12.1

Спектр люминесценции сельскохозяйственных продуктов под воздействием ультрафиолетового излучения

Наименование продукта	Цвет люминесценции	Характеристика продукта
Зерно пшеницы	Зеленый Синий, голубой Желтый	Свежее зерно нового урожая Хорошее зерно Неполноценное зерно, пострадавшее от сырости
Зерно овса	Золотисто-желтый Коричневый	Сорт «Золотой сорт» «Коммунар»
Зерно гороха	Розовый С коричневыми зернами Серый	Здоровое зерно Смесь гороха с пелюшкой Подмоченное зерно
Зерно кукурузы	Ярко-голубой Буро-коричневый	Здоровое зерно Подмоченное зерно
Фасоль	Белое свечение Темные пятна	Нормальная Пораженная серой гнилью
Мука пшеничная	Фиолетовый С темно-оранжевыми точками	С присутствием спорыньи С частицами спорыньи
Мука ржаная	Синеватый	Нормальная
Мука ячменная	Матово-белый	Нормальная
Масло подсолнечное	Голубой с зеленоватым оттенком	Нормальное
Масло льняное	Бледно-голубой	Нормальное
Масло сливочное	Канареечно-желтый	Нормальное
Свиное сало	Не флюоресцирует	Нормальное
Мясо говядины	Темно-красный С ярко-розовыми точками	Нормальное Мясо, зараженное личинками ленточных глистов
Рыба (лещ, треска, севрюга)	Яркий белый цвет Оранжевые участки и пылающие красные пятна	Лежалая рыба Явная порча

Окончание табл. 12.1

Наименование продукта	Цвет люминесценции	Характеристика продукта
Лук (луковица в разрезе)	Однородное фиолетовое свечение Неоднородное, желтовато-беловатый цвет	Нормальный Заболевание серой гнилью
Картофель в разрезе	От ярко-желтого до серовато-коричневого Отдельные места среза светятся ярко-голубым цветом Черные пятна с голубыми краями	Здоровый Скрытое заболевание фитофторой, при обычном свете не заметное. К хранению не пригоден. Сильная степень поражения фитофторой
Рыба (лещ, треска, севрюга)	Яркий белый цвет Оранжевые участки и пылающие красные пятна	Лежалая рыба Явная порча
Свиное сало	Не флюоресцирует	Нормальное
Фасоль	Белое свечение Темные пятна	Нормальная Пораженная серой гнилью
Крупа	Синевато-белый	Нормальная

Лампа может работать в любом положении. При эксплуатации лампы в горизонтальном положении или с наклоном до 45° к горизонту рекомендуется её устанавливать поджигающим электродом вверх. Температура воздуха на расстоянии 50 мм от стенок работающей лампы не должна превышать 250 °С. Нормальное зажигание и разгорание лампы происходит при температуре окружающей среды не ниже 20 °С и напряжения сети не ниже 210 В. Повторное зажигание лампы после отключения от сети возможно только после ее полного остывания, то есть через 10–15 минут.

Очень удобным для люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов является переносной прибор «Малютка». В качестве источника ультрафиолетового излучения в этом приборе использована миниатюрная дуговая ртутная лампа УФО-4А, работающая от сети постоянного тока напряжением 26 В. В приборе лампа питается от

сети переменного тока напряжением 220 В через понижающий трансформатор и полупроводниковый выпрямитель (рис. 12.3).

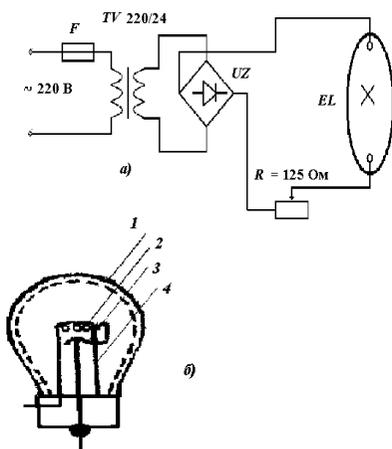


Рис. 12.3. Принципиальная схема включения (а) и устройство (б) лампы УФО-4А:
1 – колба; 2 – анод; 3 – катод; 4 – биметаллическая пластина

Внутренняя поверхность колбы лампы покрыта люминофором. Катод представляет собой спираль, анод выполнен в виде кольца. В качестве балласта используется активное регулируемое сопротивление. Зажигание лампы происходит автоматически при помощи нагревающейся биметаллической пластинки. Для задержки видимого излучения в приборе применен светофильтр.



Рис. 12.4. Внешний вид Люминоскопа Фили

Люминоскоп Фили (рис. 12.4) предназначен для определения качества пищевых продуктов методом люминесцентного анализа в лабораториях ветеринарно-санитарной экспертизы, торговыми и перерабатывающими предприятиями. С помощью люминоскопа Фили определяют начальную степень порчи продуктов питания, делают заключение о качестве продуктов и, следовательно, предупреждают возникновение пищевых отравлений. Источником ультрафиолетовых лучей служит ртутно-кварцевая лампа.

Задание для самостоятельной подготовки

1. По теоретическому материалу, приведенному выше, и рекомендуемой литературе [8–10] изучить устройство и принцип действия газоразрядных ламп СВД-120А, УФО-4А и приборов для субъективного люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов, а также методику люминесцентного анализа продуктов.
2. В соответствии с требованиями нижеприведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета по лабораторной работе, в которой привести краткие сведения о цели и задачах работы, устройстве и принципе действия газоразрядных ламп СВД-120А, УФО-4А и приборов для субъективного люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов, форму таблицы для регистрации результатов измерений.

Методика выполнения работы

1. По образцам изучить устройство и схемы включения в сеть газоразрядных ламп СВД-120А и УФО-4А (рис. 12.2 и 12.3), применяемых в приборах для субъективного люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов.
2. По образцам изучить устройство приборов для субъективного люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов: «Люминоскоп Фили», «Луч» и «Малютка».
3. С помощью прибора «Люминоскоп Фили» («Луч» или «Малютка») провести люминесцентный анализ имеющихся в лаборатории продуктов. Для чего после включения и прогрева (5–10 мин) лампы продукт поместить на предметный столик под выходным отверстием камеры. Сравнивая характер свечения продукта с данными, приведенными в табл. 12.1, сделать выводы о его качестве. Результаты исследования представить по форме табл. 12.2.

Таблица 12.2

Результаты люминесцентного анализа продуктов

Вид продукта	Характеристика свечения	Заключение о качестве

4. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Эскизы конструкции ламп СВД-120А и УФО-4А, их технические характеристики и схемы включения в сеть (рис. 12.2 и 12.3).
3. Краткие сведения об устройстве приборов для субъективного люминесцентного анализа продуктов «Люминоскоп Фили», «Луч» и «Малютка» и их оптические схемы.
4. Результаты люминесцентного анализа продуктов и заключение об их качестве (табл. 12.2).
5. Выводы по результатам проделанной работы (эффективности использования люминесцентного анализа при определении качества продуктов).

Контрольные вопросы

1. В чем состоит принцип люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов?
2. Чем вызвана различная люминесценция материалов?
3. Расскажите об известных Вам методах люминесцентного анализа, их преимуществах и недостатках.
4. Каково назначение светофильтра в установке для люминесцентного анализа?
5. Расскажите об устройстве, принципе действия и работе схемы включения лампы СВД-120А (УФО-4А).
6. Как устроен прибор для субъективного люминесцентного анализа продуктов «Люминоскоп Фили» («Луч», «Малютка»)?
7. Чем объясняется эффективность применения люминесцентного анализа сельскохозяйственных продуктов?

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛУЧЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель: изучить устройство, схемы включения и основные параметры ультрафиолетовых облучателей и установок, ознакомиться с основами расчета установок ультрафиолетового облучения.

Задачи работы

1. Изучить устройство, принцип действия, схемы включения, основные характеристики и обозначения представленных в лаборатории облучателей и установок, применяемых для ультрафиолетового облучения животных и птицы.
2. Изучить устройство, принцип действия, технические параметры и электрические схемы включения в сеть облучателей и установок ОБН-30, «Кубок», «Кулон» (КСО-3) и др.
3. Исследовать изменение бактерицидной облученности горизонтальной поверхности, расположенной под облучателем, от высоты подвеса.
4. Для заданного преподавателем варианта (типа установки, вида и возраста животного) определить время работы установки.

Общие теоретические сведения

Ультрафиолетовое излучение – это оптическое излучение в диапазоне длин волн от 1 до 380 нм. В зависимости от его преобладающего воздействия на биологические объекты ультрафиолетовое излучение принято подразделять на три зоны: А (УФ-А) в диапазоне длин волн 315-380 нм; В (УФ-В) – 280-315 нм; С (УФ-С) – 200-280 нм.

В сравнении с оптическим излучением всех диапазонов ультрафиолетовое излучение обладает наибольшей энергией фотонов и способно изменять химическую структуру отдельных клеток и тканей живых организмов.

Установлено, что ультрафиолетовое излучение зоны А (УФ-А) оказывает благотворное действие на организм животных и птицы при их облучении определёнными дозами. Оно улучшает дыхание, кровообращение, повышает содержание гемоглобина в крови, акти-

визирует деятельность желез внутренней секреции и образование витамина *D*, укрепляет нервную систему, ускоряет рост, снижает заболеваемость.

Оценка эффективного действия ультрафиолетового излучения указанного диапазона осуществляется в витальной системе единиц и величин их измерения. За единицу витального потока принят *vit*, равный эффективному воздействию монохроматического излучения с длиной волны 297 нм и мощностью 1 Вт на образцовый приемник (кожа человека).

Источниками ультрафиолетового излучения зоны В (витального излучения) являются газоразрядные лампы низкого (ЛЭ, ЛЭР, ЛЭО) и высокого (ДРТ) давления. Лампа в совокупности с пускорегулирующим аппаратом, устройствами крепления, защиты от окружающей среды, механических повреждений и загрязнения, присоединения к питающей сети, перераспределения потока ультрафиолетового излучения представляет собой облучатель. Облучатель с оборудованием и аппаратурой управления образует облучательную установку.

Все ультрафиолетовые облучатели и установки подразделяют на стационарные (ЭСР01-40, ЭО1-30М, ОЭ-1, ОЭ-2, ОЭСР02-2×40), переносные (ОРК-2, ОРКШ, ОКУФ-5М) и подвижные (УО-4, УОК-1). Особенности конструкции и основные технические параметры большинства из них приведены в специальной литературе [1–3].

Установка ОРКШ (облучающая ртутно-кварцевая переносная) предназначена для профилактического и лечебного воздействия на организм животных ультрафиолетовыми лучами (рис. 13.1).

Состоит из питающего и облучающего устройств, соединенных штативом. Питающее устройство, в состав которого входят дроссель, конденсаторы и пускатель, помещено в металлический кожух. В нижней части смонтированы ролики для перемещения установки по полу. Облучающее устройство состоит из кожуха, двух крышек и отражателя. В качестве источника ультрафиолетового излучения используется лампа ДРТ-400.

Облучающее устройство можно перемещать по штативу, фиксировать на заданной высоте, изменять направление потока ультрафиолетового излучения поворотом на необходимый угол.

Облучатель коротковолновый ультрафиолетовый ОКУФ-5М представляет собой генератор высокой частоты, питающий ртутно-кварцевую лампу ВРМ-1 (или ДРТ-200) – источник ультрафиолетового излучения, предназначенный для местных, полостных и кон-

тактных облучений слизистых оболочек носоглотки, миндалин и небольших участков кожи с лечебной и профилактической целью.

В отличие от облучателей, ртутно-кварцевые лампы которых питаются напряжением с частотой 50 Гц, облучатель ОКУФ-5М даёт более избирательный спектр излучения, обеспечивающий больший эффект воздействия. Портативность аппарата позволяет использовать его как в стационарах, так и в полевых условиях.

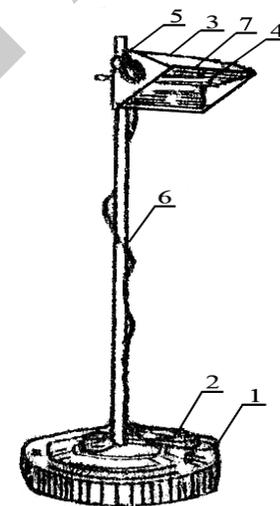


Рис. 13.1. Конструктивная схема переносной установки ультрафиолетового облучения ОРКШ:

1 – блок управления; 2 – ПРА; 3 – отражатель; 4 – источник ультрафиолетового излучения; 5 – устройство крепления; 6 – стойка; 7 – корпус

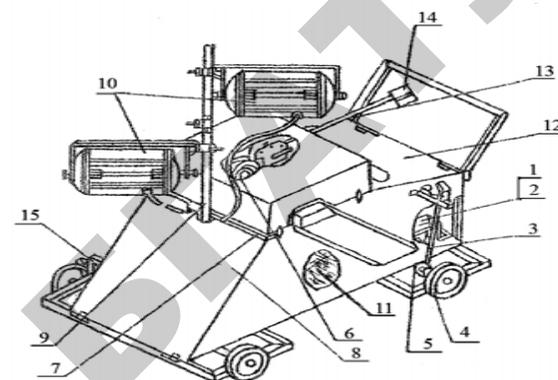
Подвижная установка типа УОК-1 (рис. 13.2, а) предназначена для ультрафиолетового облучения кур и цыплят при многоярусном содержании. Она смонтирована на тележке, которая может перемещаться в проходах между клетками с птицей по направляющим.

Тележка приводится в движение электродвигателем 1 через редуктор 2, который зубчатой муфтой 5 связан с ведущей осью 4 и механизмом укладки и разматывания кабеля 6. Цепную передачу включают рычагом 3. Электрическое питание подводится через гибкий кабель 13 и разъем 14. Одна жила кабеля используется для заземления. Во время движения установки кабель укладывается

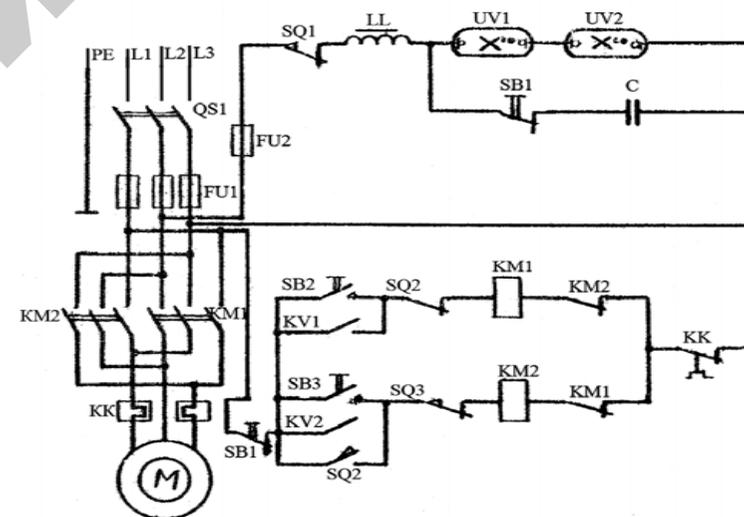
в бункер 11 или разматывается из него. На панели 12 установлена аппаратура управления двигателем и лампами, на панели 7 – силовая часть схемы управления. Справа в передней части установки и внизу сзади смонтированы концевые выключатели: передний 15 – для реверса установки, а два задних – для остановки и выключения ламп. В передней части тележки установлена стойка 9, на которой крепятся два облучателя 10. Зажимы облучателей позволяют регулировать высоту их подвески в зависимости от высоты клеток. В установке лампы ДРТ-400 включены через дроссель на напряжение 380 В (рис. 4.3, б). Для привода установки служит трёхфазный асинхронный двигатель мощностью 0,27 кВт. Пуск установки осуществляется кнопкой SB2, включение ламп – кнопкой SB1. Конечный выключатель SQ2 осуществляет реверс движения, SQ3 – остановку установки, SQ1 – выключение ламп при окончании цикла облучения.

Модернизированный вариант установки предусматривает возвратно-поступательное движение облучателей с лампами «вверх-вниз» со скоростью $1,6 \text{ м} \cdot \text{мин}^{-1}$, которое осуществляется от электродвигателя мощностью 0,12 кВт. В модернизированном варианте для включения ламп используется компенсационная схема, в которой токоограничивающим балластным сопротивлением для одной из ламп служит дроссель, а для второй – активно-ёмкостное сопротивление. Такая схема позволяет в 2–3 раза снизить пусковой ток ламп.

Подвижная установка УО-4М (рис. 13.3) предназначена для ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных и птицы в стационарных условиях при содержании в клетках или станках. Установка состоит из 4-ех рефлекторных облучателей 1 с лампами ДРТ-400, шкафа управления, приводной станции 2 и несущей конструкции 3. Несущую конструкцию выполняют из стальной оцинкованной проволоки 4, которую закрепляют вдоль помещения с помощью натяжных болтов, заделанных в торцевые стены. Облучатели в помещении совершают возвратно-поступательное движение при помощи троса 5 диаметром 3,1 мм, закрепленного на натяжных роликах, приводящегося в движение от приводной станции с электродвигателем мощностью 0,27 кВт и редуктором с передаточным отношением 1:891. Длина несущей проволоки и троса рассчитана на помещение длиной до 90 м. Облучатели перемещаются со скоростью $0,3 \text{ м} \cdot \text{мин}^{-1}$ на расстояние 35–45 м. Требуемая экспозиция (доза) облучения обеспечивается изменением высоты подвеса облучателей и количества проходов над животными или птицей. Максимальная зона обслуживания одной установкой – $90 \times 6 \text{ м}$.



a



б

Рис. 13.2. Общий вид (а) и схема управления (б) облучательной установкой УОК-1

Электрическая схема управления (рис. 13.3, б) предусматривает включение ламп через дроссели на разные фазы сети, управление лампами и двигателем привода перемещения установки. В шкафу управления смонтированы пакетный выключатель, предохранители,

магнитные пускатели, два дросселя, конденсатор и две пусковые кнопки. Для удобства коммутации в комплект установки входит клеммный набор и кабель типа КРПТ 3×2,5 для подключения облучателей. Облучатели установки УО-4 попарно подключаются последовательно через общий дроссель на линейное напряжение 380 В. Для облегчения зажигания ламп предусмотрены дополнительные кнопки и пусковой конденсатор.

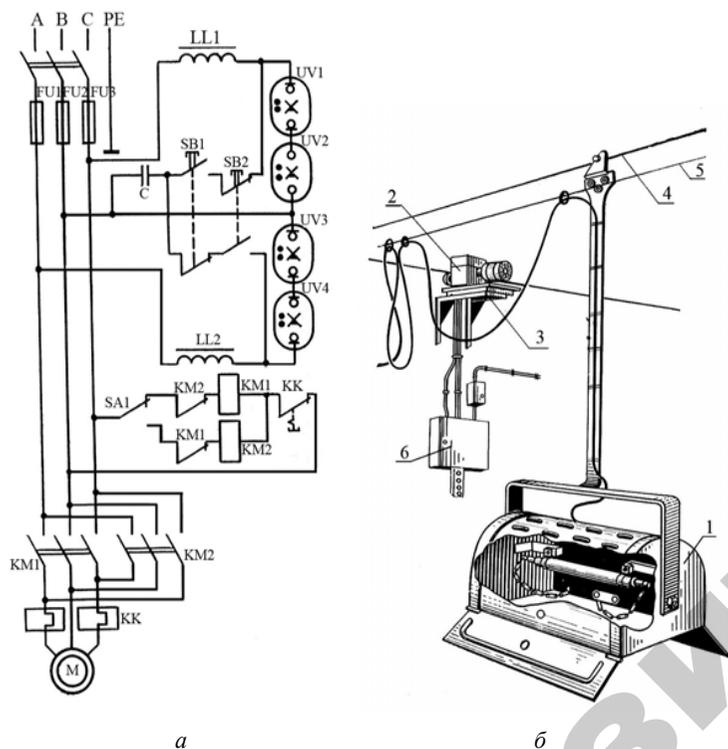


Рис. 13.3. Принципиальная электрическая схема управления (а) и внешний вид (б) облучательной установки УО-4

чателей. Облучатели установки УО-4 попарно подключаются последовательно через общий дроссель на линейное напряжение 380 В. Для облегчения зажигания ламп предусмотрены дополнительные кнопки и пусковой конденсатор.

Основными техническими параметрами облучателей, которыми руководствуются при выборе и расчете облучательных установок, являются: тип, мощность, кривая распределения силы излучения облучателя, тип ламп.

Мощность облучателя зависит от типа и количества ламп в нем и влияет на высоту подвеса, общее количество облучателей в помещении и продолжительность облучения. Необходимо учитывать, что положительный эффект при одинаковых суточных дозах облучения тем выше, чем меньше облученность и больше продолжительность. Исходя из этого, при длительном облучении наиболее эффективны облучатели меньшей мощности (ЭО1-30М, ЭО-1 и т. п.). Облучатели большой мощности рациональны при больших дозах и площадях облучения.

Кривая силы излучения зависит от формы отражателя и типа лампы. Она влияет на расстояние между облучателями при их групповом расположении, без нее невозможно выполнить расчет облучательной установки. Кривая силы излучения приводится в паспорте облучателя или ее определяют экспериментально. Тип лампы определяет ее мощность, поток и спектр излучения.

Подразделение установок на стационарные и подвижные вносит определенную специфику и в методику их расчета [8–11].

Дозирование ультрафиолетового облучения при стационарной установке ведется по времени ее работы при известном значении облученности на расчетной поверхности. Поэтому производится расчет стационарных установок для определения количества облучателей, облученности и времени, за которое облучаемый объект получит необходимую суточную дозу. Расчет подвижных установок УФ облучения сводится к определению витальной экспозиции за один проход облучателей и количества проходов, в результате которых будет обеспечена нормированная суточная витальная экспозиция. При этом до определения витальной экспозиции за один проход облучателей должны быть известны расчетная высота подвеса облучателей и скорость их перемещения.

Для расчета установок ультрафиолетового облучения могут быть применены известные методы расчета осветительных установок с обязательным учетом некоторых специфических особенностей:

- ультрафиолетовые лучи практически не отражаются от потолка, стен и рабочей поверхности, поэтому при расчетах коэффициенты отражения ультрафиолетовых лучей от названных поверхностей принимают равными нулю;

– ультрафиолетовыми лучами облучают животных и птицу. Наиболее полную форму тела животных и птицы как поверхности объемных тел определяет сфера или цилиндр. Если принять, что форма поверхности тела животных или птицы незначительно отличается от сферы или цилиндра, то это отличие от горизонтальной поверхности в расчетных формулах можно учесть коэффициентом формы K_{ϕ} , который принимают равным 0,5–0,64 независимо от угла падения лучей на поверхность (для сферы $K_{\phi} \approx 0,5$; для цилиндра $K_{\phi} \approx 0,64$);

– за расчетную точку при определении времени работы установки ультрафиолетового облучения принимается точка с наибольшей облученностью, что исключает переоблучение и ожоги животных и птицы.

За более подробными сведениями о методике расчета установок ультрафиолетового облучения животных и птицы, применяемым при этом расчетным формулам и справочным данным, следует обратиться к специальной литературе [8–11].

Ультрафиолетовое излучение зоны С (УФ-С) обладает бактерицидным действием, вызывая гибель бактерий в результате коагуляции содержащихся в них белковых веществ.

Одной из самых популярных экономичных, безопасных и признанных во всем мире технологий дезинфекции является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением, которое отличается рядом преимуществ:

- вкусовые качества и химические свойства воды не изменяются;
- для обработки воды достаточно небольшого промежутка времени;
- после облучения воду сразу можно подавать потребителю;
- бактерицидные лучи уничтожают не только вегетативные виды бактерий, но и спорообразующие.

Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением является наиболее простым, эффективным и недорогим методом.

Для оценки эффективности действия бактерицидного излучения применяют бактерицидную систему единиц и величин их измерения. За единицу бактерицидного потока принят *бакт (бк)*, равный эффективному воздействию монохроматического излучения с длиной волны 254 нм и мощностью 1 Вт на бактерии.

Источниками бактерицидного излучения являются газоразрядные лампы низкого (ДБ) и высокого давления (ДРТ). Лампа в совокупности с пускорегулирующим аппаратом, устройствами крепления, защиты от окружающей среды, подвода напряжения и др. представляет

собой облучатель. Облучатель с оборудованием и аппаратурой управления образуют облучательную установку.

В настоящее время существует целый ряд воплощенных в оборудовании конструктивных решений, позволяющих применять ультрафиолетовое излучение для обеззараживания воды. Их различают по способу расположения источников: с погруженными и не погруженными (подвесными); по способу перемещения воды: с гравитационным течением воды или напорные. Они могут быть выполнены в едином корпусе или в виде отдельных модулей, размещаемых в лотках, с большим или меньшим расстоянием между источниками [8].

Конструкция большинства современных установок обеззараживания воды основана на применении полностью погруженных в поток воды источников бактерицидного излучения (рис. 13.4). Бактерицидные источники в таких установках расположены внутри кварцевых чехлов для их защиты от контакта с водой и обеспечения оптимального температурного режима во время работы.

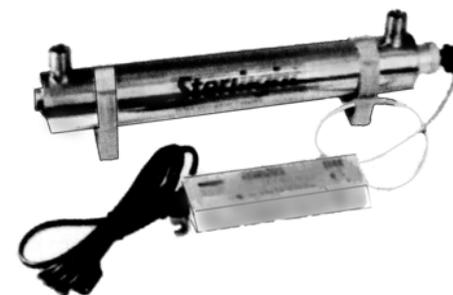


Рис. 13.4. Общий вид одного из вариантов установки для обеззараживания воды с погруженными источниками бактерицидного излучения

Вода для обеззараживания в установку поступает через нижний ввод камеры с мощной бактерицидной лампой типа ДРТ и протекает вокруг чехла из кварцевой трубки, защищающего лампу. Выходящая из патрубка вода готова к употреблению.

Установки с погруженными источниками применяются чаще, так как они отличаются компактностью и поставляются практически в готовом для монтажа и эксплуатации виде.

В установках для обеззараживания воздуха в основном применяются бактерицидные облучатели с лампами типа ДБ: ОБН02-30,

ББП01-36, УФО01, ОБН-75, ОБН-Щ, ОБНП01, РББ01, ОБУ-1-15 или ОБУ-1-30 и др.

Стационарный бактерицидный облучатель ОБН30 (рис. 13.5) предназначен для обеззараживания промышленных и сельскохозяйственных помещений. Его металлический корпус выполнен из стали, окрашенной белой краской. В облучателе корпус и крышка (блок ПРА) изготовлены из листовой стали и покрыты эмалью серого цвета. Внутренняя часть корпуса окрашена белой краской. Состоит из устройства крепления 1, корпуса 2, отражателя 3 и источника излучения 4.

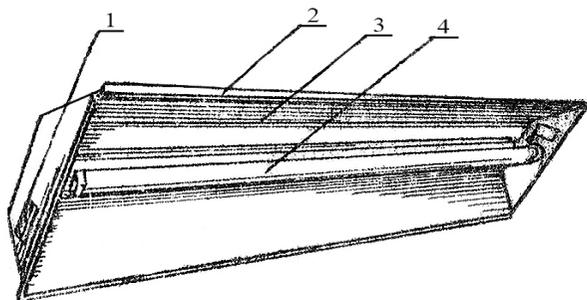


Рис. 13.5. Общий вид стационарного облучателя бактерицидного облучения ОБН-30

Облучатель комплектуется электромагнитным ПРА и бактерицидной лампой ДБ30. Облучатели подвешиваются или крепятся на горизонтальную поверхность.

Установка для очистки и дезинфекции воздуха в вентиляционных камерах «Кубок» предназначена для очистки, дезинфекции и дезодорации приточного и рециркулируемого воздуха в вентиляционных камерах животноводческих и птицеводческих помещений. Состоит из пульта управления и блока кассет (980×800), который включает три секции. В каждой из них имеется по шесть бактерицидных ламп ДБ-30, а в основании блока расположены пускорегулирующие устройства (дрессели, стартеродержатели, стартеры). В комплект установки входят четыре блока кассет. Монтируют установку в вентиляционных камерах. При монтаже лампы блокируют с вентиляторами таким образом, чтобы при отключении одного из вентиляторов выключалась и часть кассет. Расчет необходимого количества кассет и ламп производится исходя из того, что одна

лампа обрабатывает 1200–1270 м³ воздуха в час. Очистку, дезинфекцию и дезодорацию воздуха в вентиляционных камерах помещений, где находится птица, а также в инкубаторах проводят круглосуточно. Техническое обслуживание установки и очистку ламп от пыли производят два раза в месяц.

Установка «Кубок» обеспечивает очистку поступающего в помещение воздуха от пыли на 70 %, дезинфекцию его на 96–99 %, что способствует улучшению микроклимата в помещениях, повышению сохранности птицы на 1–2 % и яйценоскости – на 10–15 яиц в год от одной несушки; предотвращает перенос возбудителей заболеваний из одного помещения в другое.

Установка для освещения, дезинфекции воздуха и облучения животных и птицы «Кулон» (КСО-3) предназначена для очистки и дезинфекции воздуха животноводческих и птицеводческих помещений. Состоит из пульта управления и облучателей (60-100 штук), включающих бактерицидные лампы ДБ-30, ЛЭ-30 и ЛБ-30.

При монтаже установки пульт управления устанавливают в щитовой, облучатели – в шахматном порядке на высоте 2,2 м от пола в 3–7 рядов (в зависимости от конструкции и габаритных размеров помещения) из расчета один облучатель на 50–75 м³ помещения. Поток лучей от бактерицидной лампы направляют в верхнюю зону помещения, а витальных и ламп освещения – в сторону пола. Работа установки обеспечивается автоматически.

В помещениях для выращивания молодняка животных и птицы бактерицидные лампы работают 10–12 ч в день, а витальные – включаются три раза в день при отсутствии людей на 3–6 часов (утро, обед и вечер). При появлении инфекционных заболеваний бактерицидные лампы работают круглосуточно.

Техническое обслуживание облучателей, очистку ламп от пыли и другие работы производят два раза в месяц.

Установка «Кулон» обеспечивает снижение бактериальной обсемененности воздуха в помещениях на 70–84 %, пыли – на 40–62 %, аммиака – на 51 %; устраняет инфекционные заболевания; способствует повышению сохранности животных и птицы на 2–13 % и увеличению среднесуточных приростов массы птицы на 1–6 г, способствует охране окружающей среды от загрязнений.

Более подробные сведения об устройстве, принципе действия, обозначении и номенклатуре, основных параметрах облучателей и установок витального и бактерицидного действия, схемах управ-

ления и методике их расчетов можно получить в специальной литературе [1–3, 6].

Задание для самостоятельной подготовки

1. По теоретическому материалу, приведенному выше, и рекомендуемой литературе [8–10, 13] изучить:

– устройство, принцип действия, обозначение, номенклатуру и основные технические параметры ультрафиолетовых облучателей, применяемых для витального облучения сельскохозяйственных животных и птицы;

– устройство, принцип действия, обозначение, номенклатуру и основные технические параметры ультрафиолетовых облучателей, применяемых для бактерицидного облучения;

– работу схем автоматического управления установками ультрафиолетового облучения;

– методику и последовательность рассмотрения вопросов при расчете установок ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы.

2. В соответствии с требованиями нижеприведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета, в которой привести краткие сведения о цели и задачах работы, устройстве, обозначении и основных технических параметрах ультрафиолетовых облучателей витального и бактерицидного действия, принципиальные электрические схемы управления ими, форму таблицы для регистрации результатов измерений, расчетов.

Методика выполнения работы

1. По представленным в лаборатории натурным образцам ознакомиться с устройством, принципом действия, обозначением и основными параметрами облучателей и установок ультрафиолетового облучения витального и бактерицидного действия.

2. Изучить устройство и принципиальную электрическую схему экспериментального стенда для исследования изменения витальной и бактерицидной облученности, создаваемой облучателями в центре проекции на горизонтальной поверхности, в зависимости от высоты их подвеса.

3. Радиометром измерить энергетическую, витальную и бактерицидную облученность в зависимости от расстояния до центра симметрии облучателя на горизонтальной плоскости (для заданных

преподавателем облучателей). Измерения проводить с интервалом через 0,2 м в диапазоне 0,2–1,4 м. Результаты измерений представить по форме табл. 13.1.

Построить зависимость $E = f(h)$.

Таблица 13.1

Результаты измерений бактерицидной облученности от высоты подвеса облучателя

Высота подвеса h , м	Облученность E , Вт·м ⁻²

4. Для заданного преподавателем варианта (вида и возраста животных или птицы, типа установки, высоты расположения облучателей) определить время работы установки ультрафиолетового облучения для обеспечения требуемой витальной экспозиции. Необходимые справочные данные принять по рекомендуемой литературе [8–11, 13].

5. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Методика вычислений

Методику вычислений витальной облученности под облучателем и времени работы установки ультрафиолетового облучения принять по рекомендуемой литературе [8–11, 13].

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.

2. Краткие сведения об устройстве, принципе действия, обозначении, номенклатуре и основным техническим параметрам изученных ультрафиолетовых облучателей.

3. Технические данные и принципиальные электрические схемы установок УОК-1, ОРК-2.

4. Результаты произведенных измерений (табл. 13.1).

5. Методика и результаты расчет времени работы установки ультрафиолетового облучения животных (птицы).

6. Графическая зависимость ультрафиолетовой облученности от расстояния до центра симметрии облучателя на горизонтальной плоскости $E = f(h)$.

7. Выводы по результатам проделанной работы.

Контрольные вопросы

1. Что Вам известно о биологическом действии ультрафиолетового излучения?
2. Какие единицы и величины их измерений служат для оценки витального (бактерицидного) действия ультрафиолетового излучения?
3. Расскажите об устройстве, технических параметрах и работе схемы включения источников, применяемых в установках ультрафиолетового облучения витального и бактерицидного действия.
4. Расскажите об устройстве, технических параметрах и работе схемы автоматического управления установкой ультрафиолетового облучения животных и птицы УО-4 (УОК-1, ОРКШ).
5. Какие стационарные (переносные) облучатели витального действия Вы знаете? Расскажите об их устройстве, обозначении и технических параметрах.
6. Что Вам известно о последовательности рассмотрения вопросов при расчете стационарных (подвижных) установок ультрафиолетового облучения витального действия. Приведите формулы, по которым производится их расчет, и поясните физический смысл входящих в них величин.
7. Какие облучатели и установки бактерицидного действия Вы знаете? Расскажите об их устройстве, обозначении и технических параметрах.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электротермическое оборудование : справочник / под ред. А. П. Альтгаузена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1980. – 416 с.
2. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Г. Л. Амитан [и др.]; под общ. ред. В. А. Волосатова. – Л. : Машиностроение, 1988. – 719 с.
3. Электротехнология : учебное пособие / В. А. Карасенко [и др.]. – Москва : Колос, 1992. – 304 с.
4. Электротермическое оборудование сельскохозяйственного производства : учебное пособие / Л. С. Герасимович [и др.]; под ред. Л. С. Герасимовича. – Минск : Ураджай, 1995. – 416 с.
5. Расчеты электротехнологического оборудования : учебное пособие / Е. М. Заяц, В. А. Карасенко, И. Б. Дубодел; под ред. Е. М. Заяца. – Минск : Технопринт, 2001. – 238 с.
6. Электротехнологические установки : лабораторный практикум / Е. М. Заяц [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2010. – 180 с.
7. Заяц, Е. М. Основы электротехнологических методов обработки влажных кормов / Е. М. Заяц. – Минск : Ураджай, 1997. – 216 с.
8. Степанцов, В. П. Технологическое использование оптического излучения : учебно-методическое пособие / В. П. Степанцов. – Минск : БГАТУ, 2012. – 208 с.
9. Жилинский, Ю. М. Электрическое освещение и облучение : учебное пособие / Ю. М. Жилинский, В. Д. Кумин. – Москва : Колос, 1982. – 272 с.
10. Козинский, В. А. Электрическое освещение и облучение : учебное пособие / В. А. Козинский. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 239 с.
11. Николаенок, М. М. Расчеты осветительных и облучательных установок сельскохозяйственного назначения : учебное пособие / М. М. Николаенок, Е. М. Заяц. – Минск : Лазурак, 2000. – 154 с.
12. Рекомендации по инфракрасному обогреву молодняка сельскохозяйственных животных и птицы. – Москва : Колос, 1979. – 31 с.
13. Рекомендации по применению ультрафиолетового излучения в животноводстве и птицеводстве. – Москва : Колос, 1979. – 32 с.
14. Степанцов, В. П. Светотехника : учебное пособие / В. П. Степанцов, Р. И. Кустова. – Минск : БГАТУ, 2012. – 568 с.
15. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве / Д. Н. Быстрицкий [и др.]. – Москва : Энергия, 1981. – 152 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

**Дубодел Иннеса Борисовна, Степанцов Вячеслав Павлович,
Зяц Евгений Михайлович и др.**

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

Ответственный за выпуск *В. М. Степанцов*
Редактор *Н. А. Антипович*
Компьютерная верстка *Д. И. Чергейко*

Подписано в печать 09.11.2012 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 8,6. Уч.-изд. л. 6,72. Тираж 62 экз. Заказ 923.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.