

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт энергетики и природопользования

Безик В.А.

**Актуальные вопросы электротехнологий и электрооборудования
в агропромышленном комплексе**

Учебно-методическое пособие по выполнению практических
и самостоятельной работ по дисциплине «Актуальные вопросы
электротехнологий и электрооборудования в агропромышленном комплексе»
для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Брянская область 2018

УДК 621.3:338.436 (076)

ББК 31.2:65.32

Б 39

Безик, В. А. Актуальные вопросы электротехнологий и электрооборудования в агропромышленном комплексе: учебно-методическое пособие по выполнению практических и самостоятельной работ по дисциплине «Актуальные вопросы электротехнологий и электрооборудования в агропромышленном комплексе». Для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / В.А. Безик. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 78 с.

Рецензент: заведующий кафедрой технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, к.э.н., доцент Гринь А.М.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института энергетики и природопользования, протокол № 6 от 10.04.2018 г.

© Брянский ГАУ, 2018

© Безик В.А. 2018

Содержание

Введение	5
1. Электрокинетические процессы в различных средах под воздействием электроэнергии	6
2. Электрический ток в электротехнологиях сельскохозяйственного производства.	9
2.1 Обработка кормов электрическим током	9
2.2 Обеззараживание сельскохозяйственных сред и оборудования	10
2.3 Применение электроэнергии в ветеринарии	11
2.4 Стимуляция растений электрическим током	12
3. Электрические разряды и их использование в электротехнологиях	14
3.1. Общие сведения	14
3.2 Электроимпульсная технология	15
4. Электроионные технологии	20
5. Электрические ионизаторы воздуха	31
6. Ультразвуковая обработка материалов	35
6.1 Ультразвук и его воздействие на физические и биологические объекты	35
6.2 Магнестрикционные преобразователи	36
6.3 Пьезокерамические преобразователи	39
6.4 Применение ультразвука	41
6.4.1 Применение ультразвукового трансформатора	42
6.4.2 Ультразвуковая пайка и лужение	43
6.4.3 Механическая обработка сверхтвердых и хрупких материалов	44
6.4.4 Ультразвуковая дефектоскопия	45
6.4.5 Ультразвук в медицине	47
7. Магнитная обработка материалов	49
7.1 Магнитная очистка семян	49
7.2 Термолиз дрожжей в магнитном поле	52

8. Типы тепличных облучательных установок	54
8.1 Расчет специализированных облучательных установок	54
8.2 Расчет облучательных установок с линейными установками излучения	55
8.3 Новейшие тепличные источники излучения	57
9. Технологические процессы, основанные на УФ облучениях в сельскохозяйственном производстве	59
9.1. Биологическое действие УФ облучений	59
9.2. Дозирование УФ облучения	60
9.3. Ультрафиолетовое облучение в технологических процессах сельскохозяйственного производства	60
9.4. Расчет установок для обеззараживания воздуха в помещениях, стерилизации и дезинфекции поверхностей	62
10. Задачи для самостоятельного решения	65
11. Тестовые задания	67
Литература	77

Введение

Главной целью профессионального образования является подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности. Решение поставленных задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов в освоении учебного материала, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Цель изучения дисциплины – формирование у магистров системы знаний и практических навыков, необходимых для решения задач в области разработки и эксплуатации современного электротехнологического оборудования в агропромышленном комплексе.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых в ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, в том числе и по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Данное учебно-методическое пособие содержит теоретический материал, контрольные вопросы, практические и тестовые задания. Предназначено для использования при выполнении заданий на практических занятиях, изучения тем дисциплины и выполнения заданий при самостоятельной работе студентов.

1. Электрокинетические процессы в различных средах под воздействием электроэнергии

В сельскохозяйственных электротехнологиях применяются различные формы электрической энергии:

1. энергия электромагнитного поля разных частот
- 2 энергия электрического поля широкого спектра частот
3. энергия постоянного и переменного электрического тока от микро до макроразмеров, включая электроимпульсные токи.

Электроэнергия на обрабатываемые объекты может оказывать тепловое, механическое, физико-химическое и биологическое действие. Электрический ток в электролитах – это направленное движение ионов в электрическом поле, а прохождение электрического тока в электролите сопровождается поляризацией среды, массопереносом и электрокинетическими явлениями такими как (электроосмос, электрофорез).

Поляризация – смещение и выравнивание электрических потенциалов под действием электрического поля. Поляризация бывает электронная, ионная, миграционная, ориентационная.

Электролиз – это совокупность окислительно-восстановительных реакций, протекающих на электродах, помещенных в электролит при прохождении через него постоянного электрического тока.

Электроосмос- это движение жидкости через капилляр или пористую диафрагму под действием сил внешнего электрического поля. Электроосмос обусловлен тем, что на границе двух фаз (твердой и жидкой) за счет перераспределения электрических зарядов образуется двойной электрический слой . Если вдоль границы этих сред приложить разность потенциалов от внешнего источника, то заряженный слой жидкости под действием сил внешнего поля будет перемещаться в сторону противоположно заряженного источника, увлекая за собой за счет внутреннего трения и слои незаряженной жидкости. Так возникает движение жидкости относительно твердой фазы.

Электрофорез- это движение частиц твердой фазы суспензии вместе с адсорбированными на их поверхности ионами, которые под действием сил внешнего электрического поля будут перемещаться в сторону противоположно заряженного полюса.

Электрокоагуляция- сгущение, слипание частиц в дисперсных системах и особенно в коллоидных растворах вызванное внешним воздействием (добавлением электролитов – коагулянтов, анодным растворением алюминия и железа с образованием коллоидных растворов $Al(OH)_3$ или $Fe(OH)_3$); повышением температуры и других факторов. Процесс особенно широко применяется для очистки воды от мелких взвешенных частиц. Электрокоагуляция происходит пропусканием электрического тока плотностью 10-40 А/м², благодаря этому расход коагулянтов сокращается в 2 раза.

Электродиализ- перенос ионов через ионоселективные мембраны под влиянием внешнего электрического поля.

Электроплазмолиз Сущность процесса состоит в следующем: сокоотдача

растительного сырья зависит от первоначальной проницаемости протоплазменной оболочки и ее способности противостоять внешним воздействиям (в процессе обработки и прессования), следовательно, любые внешние воздействия, приводящие к повреждению протоплазмы и повышению ее проницаемости приводят к повышению сокоотдачи.

Существует множество способов повреждения протоплазменных оболочек: механические, термические, ферментные, лучевые и другие. Но только электрический метод отличается простотой аппаратного оформления и минимальным временем обработки.

Установлено, что обработка растительного сырья переменным током напряжением 220В промышленной частоты приводит к мгновенной гибели протоплазмы, с возрастанием сокоотдачи при прессовании.

Электроплазмолиз в отличие от термолиза не разрушает стенки клеток, поэтому исключает переход пектиновых веществ в сок и образует более крупные фрагменты оболочек, которые легко задерживаются стенками клеток.

Эффективность электроплазмолиза зависит от:

1. градиента напряжения;
2. длительности обработки;
3. температуры;
4. от электрофизических свойств растительного сырья и не зависит от частоты электрического тока.

С увеличением градиента напряжения, длительность электроплазмолиза сокращается, причем зависимость эта носит обратно квадратичный характер.

$$\tau = \frac{K}{E^2};$$

где K - частотная характеризующая плазмолиз, V^2c/cm^2 ;

E^2 – напряженность электромагнитного поля В/см рекомендуется $E \geq 2000$ В/см.

Плазмолиз получил название из-за отслоения протопласты клетки от ее оболочки, сопровождающийся сжатием протоплазмы в результате чего освобождается связанная внутри клетки вода, чем ускоряются процессы сушки, а также улучшается соковыделение при переработке сельхозпродукции (фруктов и овощей). Плазмолиз проводят в специальных электроплазмоллизаторах вальцевого типа. Два цилиндра – электрода вращаются навстречу друг другу один подключен к положительному, а другой к отрицательному полюсу в зазор толщиной 5-6 мм между вальцами помещается обрабатываемый материал. Напряженность электрического поля между вальцами $E=700$ В/см= 70 кВ/м скорость прохождения материала между вальцами 30 м/с. в процессе обработки материал подвергается раздавливанию валками, и обработке электрическим полем высокого напряжения, а также электрическим током проходящим через него между вальцами.

Аппаратурное оформление электроплазмолиза:

А) валковый электроплазмоллизатор;

Б) электроплазмоллизатор камерного типа, в котором за основу принята прямоугольная камера с сетчатым дном-электродом, а верхняя подвижная

крышка типа пуансона позволяет изменять давление на массу;

В) электроплазмоллизатор транспортерного типа;

Г) шнекового типа

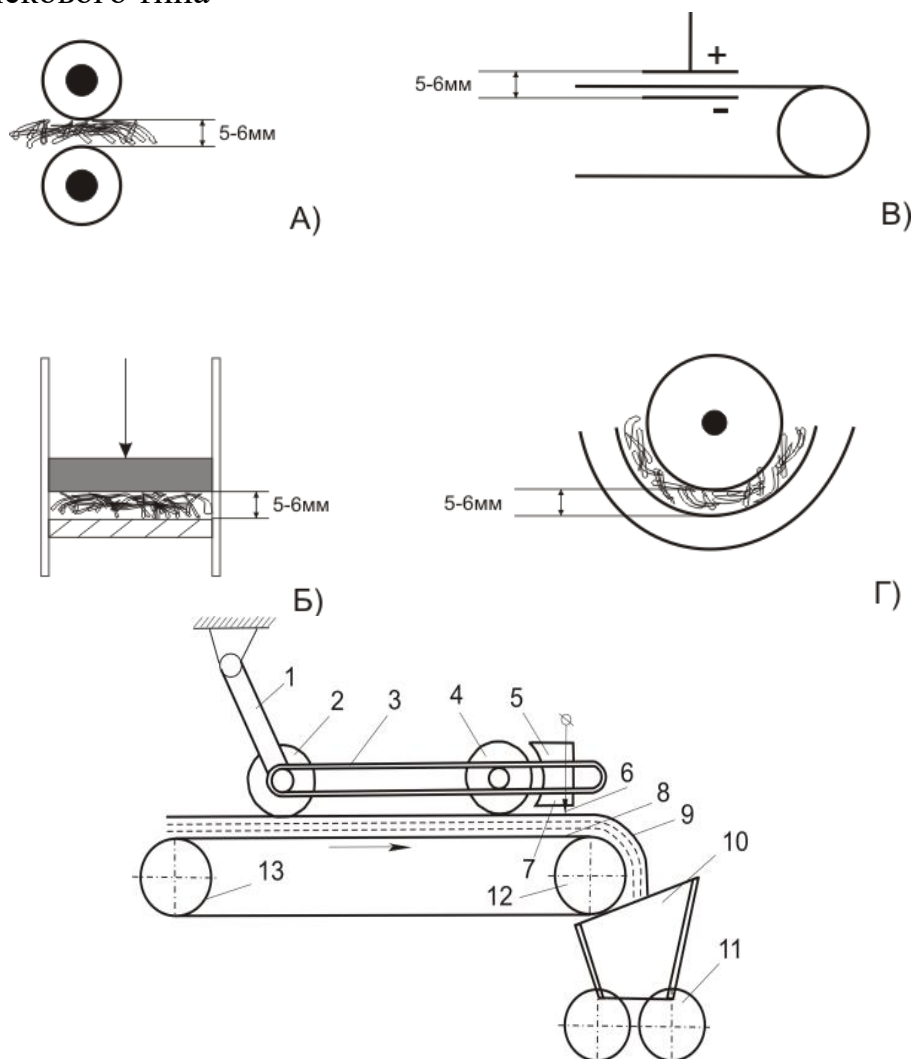


Рисунок 1. Схема установки для совместной электроискровой и механической обработки травы перед сушкой:

1 – тяга; 2 – заземленный ролик; 3 – изолирующая тяга; 4 - копирующий ролик; 5 – изоляционный корпус; 6 – электрод разрядника; 7 – отверстие; 8 – изоляционная транспортерная лента; 9 – обрабатываемая трава; 10 – бункер; 11 – плющильные вальцы; 12 и 13 – барабаны транспортера.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электроэнергии применяются в электротехнологиях?
2. Какое воздействие на обрабатываемые объекты оказывает электроэнергия?
3. Охарактеризуйте явления поляризации и электролиза.
4. Охарактеризуйте явления электронасоса и электрофореза.
5. Что такое электрокоагуляция и где она применяется?
6. Объясните явление электродиолиза и области его применения.
7. Что такое электроплазмоллиз и основные области его применения?
8. Какие виды электроплазмоллизаторов вы знаете?

2. Электрический ток в электротехнологиях с/х производства

Электробиологическое действие электрического тока состоит в стимуляции и угнетении электрическим током биологических объектов.

Области применения электротехнологий основанных на электрическом токе:

1. обработка кормов;1
2. обеззараживание почвы в теплицах;
3. комплексная очистка и обеззараживание воды;
4. обеззараживание навоза и животноводческих стоков;
5. промывка солончаков;
6. внесение микроэлементов в почву;
7. электродиализ с целью приготовления дезинфицирующих растворов
8. нанесение гальванических покрытий и получение чистых металлов из растворов или расплавов электролизом.
электромикротоки применяют:
9. стимуляции корневой системы растений
- 10.лечебных целей в физиотерапевтических процессах медицины и ветеринарии;

2.1 Обработка кормов электрическим током

Электрические свойства обрабатываемых материалов в зависимости от влажности отличаются следующим образом:

1. материалы с влажностью до 50% - в их удельной проводимости важную роль играет реактивная составляющая и диэлектрические характеристики ϵ и $\text{tg}\delta$;
2. материалы с влажностью 50-85% и более характеризуются активной электрической проводимостью.

Корма, обрабатываемые электрическим током (измельченные корнеплоды, соломенная резка, зернофураж, кормовые мешанки, пищевые отходы), увлажняются 2-4% раствором соды с добавкой 1% NaCl до влажности 55-65%. После такой обработки полученная влажная масса по характеру проводимости относится к материалам с активной электрической проводимостью. Хотя твердые частицы, например, соломенной резки и являются диэлектриками, но электрическая цепь может замыкаться через жидкую фазу в обход диэлектрической твердой фазы. Для электро-термо-химической обработки наиболее целесообразно использовать электрический ток с частотой не более 1000 Гц. Электрический ток на корма оказывает не только тепловое, но и электрохимическое, и бактерицидное действие. Технологическое использование электрического тока основано на электро-физикохимических явлениях, происходящих в материалах в процессе прохождения электрических зарядов через обрабатываемую массу. Объемный ввод и высокая концентрация электроэнергии при электро термохимической обработке позволяет произвести равномерный быстрый и глубокий прогрев обрабатываемого материала, что делает этот процесс более экономич-

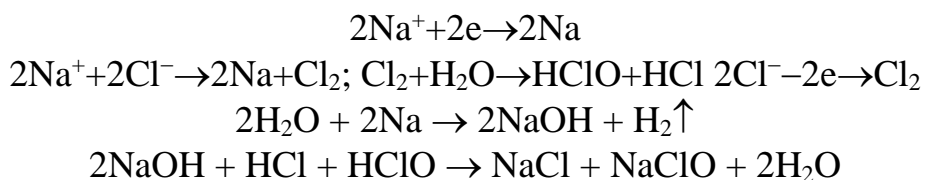
ным. Электро физикохимическое воздействие электрического тока приводит к изменению структурно-механических и физических свойств материалов, к массообменным процессам и плазмолизу. Хотя электрический ток низкой частоты не приводит к химическим превращениям в веществе, но усиливает химические реакции гидролиза и другие физико - химические процессы, которые приводят к повышению кормовой ценности соломы в 2-3 раза а также повышают их усвояемость организмом животных в процессе переваривания. Бактерицидная загрязненность кормов обработанных электрическим током в 2 раза ниже чем при обработке паром при 120-130°C, хотя температура при обработке электрическим током не превышает 70-90°C, а время обработки сокращается с 2-3 часов до 15-20 мин. Обработку соломы с целью делигнизации ведут 15-20 мин. при температуре 70-90°C при напряженности электрического поля в межэлектродном пространстве 800-1000 В/м, а допустимая плотность тока зависит от вида обрабатываемого материала, материала электродов, напряжения сети, принципа действия установки (непрерывного или периодического). При обработке корнеплодов и соломенной резки допустимая плотность тока на электродах $j_{доп}=1000-1500 \text{ А/м}^2$,для мелясы - $j_{доп}=500-1000 \text{ А/м}^2$. Рекомендуемые материалы электродов – графит, нержавейка, черная сталь.

2.2. Обеззараживание сельскохозяйственных сред и оборудования

К обеззараживаемым средам относятся: почва парников, навоз, навозные стоки. Процесс обеззараживания проводят пропусканием через эти среды электрического тока, который оказывает на среду термическое, химическое и бактерицидное действие. Процесс реализуют с помощью стационарных или передвижных установок. Грибковая микрофлора в почве уничтожается обработкой при 60-65°C при напряженности электрического поля $E=5-7 \text{ кВ/м}$ в течение 1,5-4 мин. оптимальная влажность почвы 25-30% расход электрической энергии 25-30 кВт-ч/м³. обеззараживание навоза требует еще больших энергозатрат 50-60 кВт-ч/м³ переменного тока. При обеззараживании навоза постоянным электрическим током процесс сопровождается помимо нагрева до 60-65°C электролизом и электрофлотацией при этом энергозатраты сокращаются до 3-4 кВт-ч/м³ при плотности электрического тока 3 кА/м².

Обеззараживание ветеринарного , дойного оборудования и молочной посуды.

Обеззараживание проводят дезинфицирующим раствором, получаемым электролизом (NaCl) поваренной соли. Дезинфицирующий раствор готовят при помощи установки ЭДР-1 в течение 1,5-2 часов. Для приготовления 1 кг. активного хлора требуется 8-10 кг. NaCl и 5,5-7 кВт-ч э/э. Электрохимические реакции в процессе приготовления раствора:



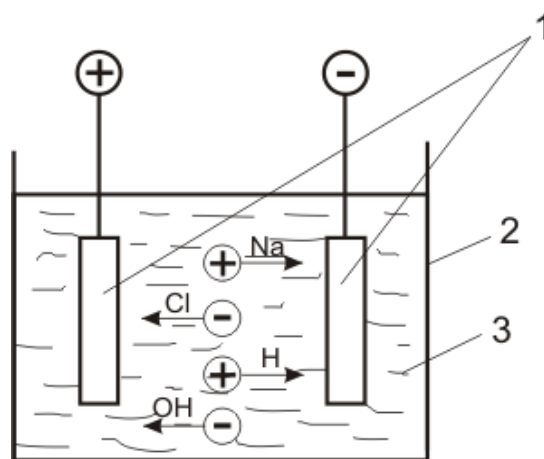


Рисунок 2. Схема простейшего электролизера:

1 - электроды; 2 - диэлектрическая емкость; 3 — раствор, подвергаемый электролизу.

Комплексная очистка и обеззараживание питьевой воды производительностью до 10 м³/сутки осуществляют на установке УВ-0,5. В установку входит гипохлоритный фильтр-электролизер для электрокоагуляции и удаления загрязнений в том числе и бактериальных, потребляемая мощность установкой 2,5 кВт.

Активация водных растворов производят в установках Я8-ФЭА производительностью Q=2м³/час аналитовой воды. U_{пит}=30В, I_н=300А. Мощность установки 11,5 кВт.

2.3. Применение электроэнергии и тока в ветеринарии

Гальванизация - лечение, слабыми электрическими токами приложением электродов к больному месту. Лечение происходит при напряжении 220/127В и плотности тока j=5А/м², потребляемая мощность – 15 Вт.

Дорсонвализация– лечение импульсными токами величиной не более 15-20 мА с частотой 200-500 кГц, при напряжении U=20В. Используют аппараты «Искра –1» и «Ультраток» длительность импульса 100мкс с интервалом 0,02с.

Диатермия- прогревание глуболежащих тканей эндогенным теплом, создаваемым электрическими токами от 1 до 3 А и имеющими частоту 1-5 Гц при напряжении 200-250В. В результате воздействия локально повышается температура на 2-5°С, что приводит к расширению кровеносных сосудов, улучшению кровоснабжения и активации биологических процессов.

УВЧ-терапия -лечение токами смещения частотой 30-300мГц. В нашей стране используется аппаратура с частотой 40,68мГц. При УВЧ-терапии костные, мышечные и жировые ткани нагреваются интенсивнее, чем кровеносные сосуды и лимфоузлы, на этом и основано терапевтическое действие процесса.

Микроволновая терапия – основана на глубинном воздействии на костные и мышечные ткани электромагнитными волнами с частотой 2375-2450 мГц получаемыми в магнетронах и направляемых на объект обработки специальными излучателями.

Электронаркоз в электрохирургии – это обезболивание переменным электрическим током или импульсным током. К электродам подается напряжение с частотой 1 кГц с силой тока 80-100 мА, например, для овец необходима частота 5 кГц и сила тока 15-30 мА.

2.4. Стимуляция растений электрическим током

Электрический ток может стимулировать или угнетать рост растений. При эксплуатации линий электропередач замечено, что вдоль трасс линий электропередач растения выглядят лучше и пышнее чем в стороне от них. Положительное влияние электризации почвы было отмечено еще Мичуриным при выращивании сеянцев винограда, груши, яблонь и других растений. Исследования Шустова в СПСХИ выявили, что урожай салата и редиса можно повысить на 40% если через почву по 12 часов в сутки пропускать постоянный электрический ток плотностью 0,1 А/м² или переменный ток $f=50$ Гц плотностью 5А/м². превышение указанных величин ведет к угнетению растений и снижению урожайности.

Электрические токи в зоне корневой системы влияют на процессы почвенного питания, а в атмосфере оказывают влияние на процессы фотосинтеза. Под действием электрического тока питательные вещества быстрее и легче усваиваются растениями вследствие электролиза. Кроме того изменяется микрофлора почвы. Натягивая над растениями металлическую сетку, подключенную к отрицательному полюсу, а землю к положительному полюсу можно создать потенциал между землей и атмосферой. Который может стимулировать или угнетать растения в зависимости от величины потенциала. При определенных величинах потенциала может протекать процесс плазмолиза в растениях.

Борьба с сорняками токами промышленной частоты и СВЧ.

Испытана навесная установка на тракторе, состоящая из выдвинутого вперед зонта-сетки, служащего отрицательным электродом и находящегося чуть выше растений, второй положительный электрод тащится по земле. Между ними возникает электрическое поле высокого напряжения, которое настроено на такую напряженность и частоту, при которой происходит плазмолиз в сорняках и они гибнут, а при этом культурным растениям вреда не наносится. Обработка ведется при напряженности электрического поля 2-5 кВ, скорость обработки 1-4 км/ч, ширина обрабатываемой полосы 0,5 м. Затраты электроэнергии 20-90 кВт-ч/га. Засоренность посевов снижается на 80-90%.

Борьба с сорняками провокацией преждевременного прорастания обработкой токами СВЧ. Установка сходная с предыдущей только режим работы другой: другие и напряженность электрического поля меньше, так как цель не угнетать и убивать, а стимулировать семена сорняков к прорастанию перед осенней вспашкой, чтобы при вспашке они были уничтожены.

Промывка засоленной почвы с использованием электрического тока. Промывка солончаков по обычной технологии требует 6-8 месяцев и затраты пресной воды составляют 5-30 тыс. м³. На мелиорируемом участке забивают стержни или трубы, выполняющие роль электродов диаметром 35-70 мм. Като-

ды забивают на глубину 3-5 м, аноды на глубину 0,6-1,8 м. После заполнения участка промывной водой электроды подключают к выпрямляющему устройству и подают на электроды напряжение 75-100 В плотность тока в почве 1-10 А/м² расход электроэнергии 5-20 тыс. кВт-ч/га. В результате расход промывочной воды сокращается в 3 раза, срок промывки до 1-2 месяцев.

Предпосевная электростимуляция семян в электрическом поле высокой напряженности. Стимуляция необходима для повышения энергии прорастания, повышения их всхожести и урожайности, а так же устойчивости к неблагоприятным условиям погоды и окружающей среды. Электростимуляцию проводят между обкладками конденсатора при $E=1-4$ кВ/см= $100-400$ кВ/м. с выдержкой 20-180 с. энергоемкость обработки 30-60 Вт-ч/тону. Урожайность растений зерновых из обработанных семян возросла на 10-15%, зеленая масса кукурузы –на 25%.

Контрольные вопросы

1. Перечислите области применения электрического тока в электротехнологиях.
2. Объясните сущность процесса обработки кормов электрическим током.
3. Какими параметрами характеризуется обработка кормов электрическим током?
4. Какое воздействие на корма оказывает электрический ток?
5. Как обеспечивается обеззараживание сельскохозяйственных сред электрическим током?
6. Как готовится дезинфицирующий раствор из поваренной соли с помощью установки ЭДР-1? Какие электрохимические реакции при этом имеют место?
7. Объясните принцип действия установок обеззараживания воды УВ-0,5 и Я8-ФЭА?
8. Перечислите процессы лечения слабыми электротоками в ветеринарии и объясните их сущность?
9. Как осуществляется стимулирование растений электротоком? Какие основные параметры процесса стимулирования?
10. Объясните принцип действия установки борьбы с сорняками током промышленной частоты и СВЧ.
11. Объясните суть процесса промывки солончаковых почв с помощью электрического тока?
12. Как осуществляется предпосевная стимуляция семян с помощью электрического поля? Перечислите основные характеристики процесса.

3. Электрические разряды и их использование в электротехнологиях

3.1. Общие сведения

В электротехнологиях наиболее часто находят применение электродуговой, коронный (КР) и искровой (ИР) разряды. Искра, одна из форм электрического разряда в газах, возникает обычно при давлении близком к атмосферному и сопровождается характерным звуковым эффектом – «треском» искры.

В природных условиях наблюдается искровой разряд в виде молнии. Искровой разряд происходит, если мощность источника его энергии недостаточна для поддержания стационарного дугового или тлеющего разряда. В этом случае одновременно с резким возрастанием разрядного тока в течении очень короткого времени (от нескольких мксек до нескольких сотен мксек) падает напряжение ниже напряжения погасания искрового разряда, что приводит к погасанию искрового разряда. Затем разность потенциалов вновь возрастает и зажигание искрового разряда повторяется. Искровой разряд представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих и сменяющих друг друга нитевидных, часто сильно разветвленных полосок плазменных каналов. Эти каналы заполнены плазмой, в состав которой в мощном искровом разряде входят не только ионы исходного газа, но и ионы вещества электродов интенсивно испаряющегося под действием разряда.

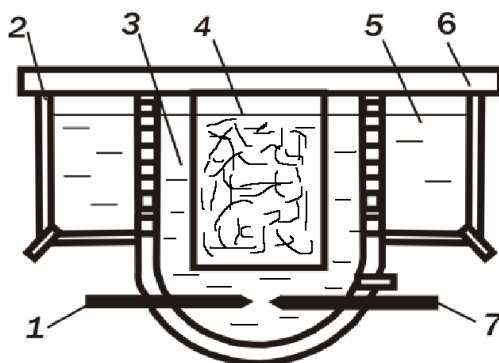


Рисунок 3. Схема камеры электрогидравлической очистки шерсти
1 и 7 – электроды; 2 – корпус; 3 – моющая жидкость; 4 – шерсть; 5 – сборник отработавшей жидкости; 6 – крышка; h – воздушный зазор; стрелками показаны вход и выход моющей жидкости.

Механизм формирования каналов и возникновения искрового разряда объясняется стримерной теорией электрического пробоя газов. Согласно этой теории из электронных лавин, возникающих в электрическом поле разрядного промежутка при определенных условиях, образуются стримеры – тускло светящиеся тонкие разветвленные каналы, содержащие ионизированные атомы газа и отщепленные от них свободные электроны. Стримеры удлиняясь перекрывают разрядный промежуток и соединяют электроды непрерывными проводящими каналами. Происходящее превращение стримеров в искровые каналы сопровождается резким возрастанием тока разряда и количества энергии выделя-

ющейся в канале, вследствие чего в канале скачкообразно возрастает давление, что приводит к возникновению ударной волны. Совокупность ударных волн от расширяющихся искровых каналов порождает звук, воспринимаемый как треск искры (в случае молний – как гром). Типичный представитель искрового разряда в природе – грозовой разряд – молния. Подсчитано, что в атмосфере Земли одновременно происходят 1800 гроз, которые дают в среднем около 100 молний в секунду. Напряжение зажигания ИР в атмосфере составляет несколько тысяч $\text{kV}\text{см}$ в момент пробоя и снижается до сотен $\text{V}\text{см}$ спустя несколько микросекунд в момент погасания. Максимальная сила тока в мощном искровом разряде может достигать нескольких тысяч кА.

Электрический искровой разряд (ЭИР) находит широкое применение в практике, т.к. сопровождается многими физическими факторами 1) э\током большой плотности, 2) мощной ударной волной, 3) высокой температурой искрового канала, 4) обеспечивает подвод к обрабатываемому объекту любых доз э\энергии. Как правило, искровой разряд осуществляет импульсный подвод э\э к обрабатываемому объекту. ИПЭ позволяет источникам небольшой мощности выделить в локальной зоне обрабатываемого материала весьма значительную мгновенную мощность. Концентрированный подвод э\э при ИПЭ позволяет интенсифицировать многие технопроцессы при одновременном снижении их энергоемкости, а в отдельных случаях удается получить эффект недостижимых при непрерывном подводе э\э даже очень большой мощности, пример применения искрового разряда в с\х производстве представлен на рисунке 3.4, как метод электрогидравлической очистки шерсти.

3.2. Электроимпульсная технология

Процессы электроимпульсной технологии (ЭимТ) характеризуются прирывистым подводом электроэнергии с определенной длительностью, частотой и скважностью. Благодаря концентрации мощности при этом интенсифицируются многие технологические процессы при снижении их энергоемкости, а порой получают результаты недостижимые при традиционных методах. Структурная схема ЭимТ:

Технологические продукты основанные на ЭИМТ в сельскохозяйственном производстве – дробление материалов, очистка шерсти, управление животными на пастбище (электроизгородь).

Электроизгородь включает генератор электрических импульсов и изгородь, состоящую из опорных стоек с изоляторами и токоведущих проводов. Стойки ставят через 10-20 м токоведущий провод из мягкой стальной проволоки $\text{Ø}1,2\text{-}2,0$ мм. Высота подвеса 30-90 см в зависимости от вида животных. Применение электроизгороди основано на биологическом действии электрического тока, который вызывает у животного неприятное сокращение мышц и нервный шок. После нескольких «ударов» у животных вырабатывается боязнь прикосновения к проводам. Напряжение импульса 2-12 кВ при токе 0,15-10 А частота 1-2 Гц продолжительность воздействия 60 мс. Типы генераторов для электроизгороди: ИЭ-200; ЭК-1М; ЛСХА; ГИЭ-1 и др.

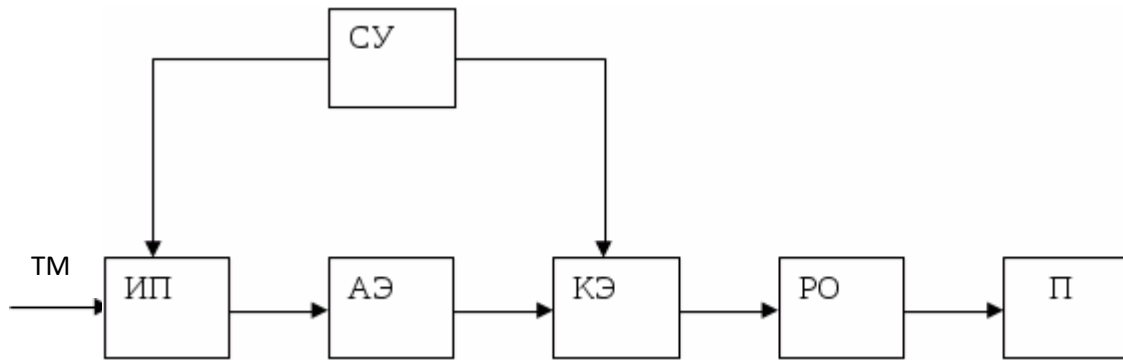


Рисунок 4. Структурная схема электроимпульсного воздействия
 ИП – источник питания; СУ – система управления; АЭ, КЭ – аккумулялирующие и коммутирующие элементы; РО – рабочий орган; ТМ – технологический материал (обрабатываемый); П – продукт.

Электрогидравлическая установка. Установка основана на электрогидравлическом эффекте, сущность которого состоит в возникновении высокого давления в жидкости в результате электроискрового разряда.

Зарядная цепь заряжает конденсатор C за время $\tau_{зар}$ до напряжения, при котором пробивается воздушный разрядный промежуток Φ , в этот момент накопительный конденсатор C подключается к основному (рабочему) промежутку в жидкости и происходит пробой последнего тогда между электродами возникает токопроводящий канал, через который разряжается конденсатор C в течении времени $\tau_{раз}$. Ток разряда достигает десятков и сотен кА и разогревает плазму в канале до температуры 10^4 К. Благодаря малой сжимаемости жидкости, разогрев жидкости повышает давление до 10^3 Па. Это давление создает ударную волну в жидкости, которая дробит материалы. Кроме ударной волны действующими факторами ЭГУ могут быть: 1) скоростные потоки жидкости 2) акустическое излучение 3) термический удар 4) разрядный ток 5) электромагнитное излучение.

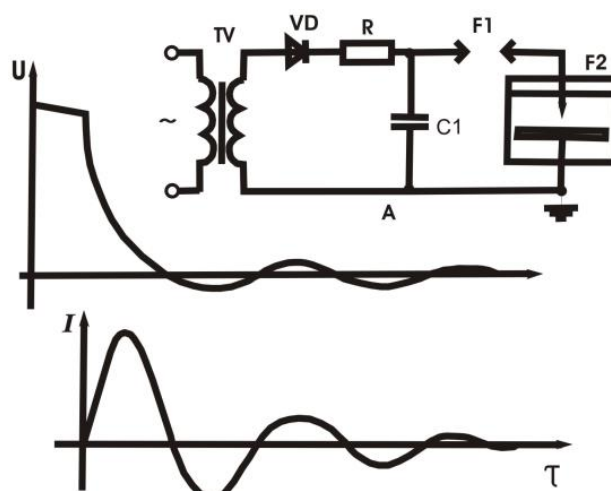


Рисунок 5. Принципиальная схема получения электрогидравлического эффекта:

1 и 2 — электроды.

Когда напряжение на конденсаторе становится ниже $U_{\text{пробоя}}$, разряд прекращается, промежуток деионизируется и вновь начинается зарядка для повторения разряда.

Типичные значения параметров электрогидравлической установки (ЭГУ) напряжение на конденсаторе $U = 30-70 \text{ кВ}$; емкость $C = 3-1500 \text{ мкФ}$; межэлектродное расстояние в основном промежутке 1-10 см; длительность разряда $\tau_{\text{разр}} = 10-40 \text{ мкс}$; сила тока разряда 15-50 кА; мощность разряда $P = 200 \text{ мВт}$; энергия одного импульса 1-300 кДж; частота до 2 Гц.

Расчет электрогидравлической установки (ЭГУ):

В ЭГУ используют электродные системы, создающие резко неоднородное ЭП, например, типа «стержень – плоскость». Определение l_{max} расстояния между электродами при котором еще возможен пробой:

$$l_{\text{max}} = \left[\frac{U_0^2 \cdot C}{a \cdot b \cdot \gamma} \left[\frac{U_1^2}{U_0^2} - 4 \frac{U_1}{U_0} + 3 + \ln \frac{U_1^2}{U_0^2} \right] + \frac{4\pi F}{b^2} \right]^{1/2} - \frac{2\sqrt{\pi F}}{b}$$

где U_0 – напряжение при котором напряженность ЭП у вершины стержня принимает критическое значение $E_{\text{кр}}$ достаточное для ионизации жидкости.

C – емкость накопительного конденсатора, Ф;

a – постоянная $a = 3,6 \cdot 10^5 \text{ В}^2 \cdot \text{С/м}$. $b = f(U_1) \quad b = 2 \cdot 10^{-4} U_1$;

γ – удельная электропроводность жидкости, См/м;

U_1 – напряжение конденсатора;

F – площадь оголенного стержня.

$E_{\text{кр}}$ - $3,6 \cdot 10^6 \text{ В/м}$, для воды $\gamma = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ См/м}$.

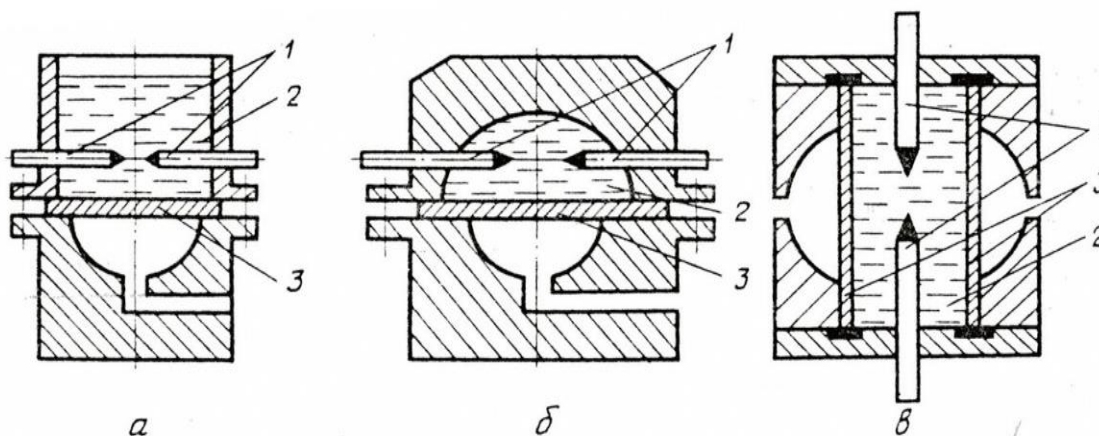


Рисунок 6. Схема электроимпульсной штамповки:

а – в открытой камере; б – в закрытой камере; в – в трубчатой заготовке; 1 – электроды; 2 – разрядная среда (вода); 3 – заготовка.

Если конец стержня-электрода имеет форму гиперболы, то:

$$U_0 = \frac{E_k}{2} \cdot r \cdot \ln \frac{4l}{r},$$

где r – радиус закругления конца электрода;
 l – расстояние между электродами в жидкости.

Гидравлический эффект находит применение при пластической электроимпульсной штамповке изделий из металлов, как это показано на рисунке 8.

Электроэрозионная обработка металлов, разработанная в 1943 г. русскими учеными Б.Р. и Н.И. Лазаренко, позволяет обрабатывать сверхтвердые материалы мягким инструментом. Генератор импульсов типа РС с накопительным конденсатором С заряжаемым от источника постоянного тока через токоограничительный резистор R. При некотором напряжении межэлектродный промежуток пробивается, образуется плазменный канал сквозной проводимости с температурой 10^4 К, длительность импульса 10^{-5} - 10^{-7} с при этом теплота успевает нагреть только поверхностный микрослой металла, который испаряется и выбрасывается за пределы электрода, застывая в жидком диэлектрике в виде мелких шариков металла. При снижении напряжения конденсатора до напряжения ниже пробоя разряд прекращается и процесс зарядки повторяется. Поверхность электрода-заготовки постепенно приобретает форму зеркального отображения электрода-инструмента, чтобы сохранить постоянным межэлектродный промежуток электрод-инструмент постепенно приближают к электроду-заготовке.

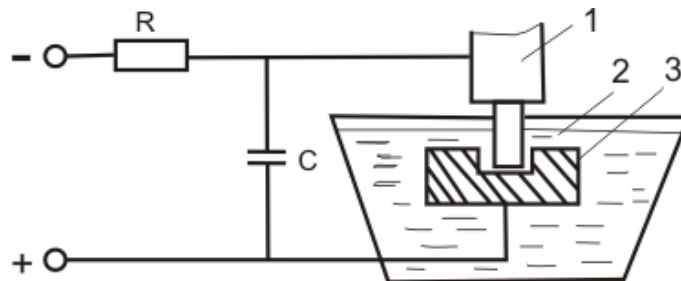
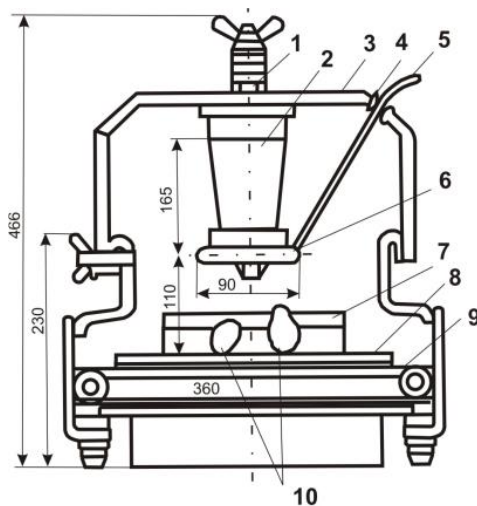


Рисунок 7. Схема электроискровой обработки металлов:

- 1- электрод- инструмент;
- 2- жидкий диэлектрик;
- 3- электрод- заготовка.

Преимущества электроэрозионной обработки:

- 1) Этот метод позволяет изготавливать сложнейшие детали с большой степенью точности при помощи инструмента, который не испытывает механических деформаций и усилий.
- 2) Электрод – инструмент может быть из любого легкообрабатываемого материала, но им можно обрабатывать любые сверхтвердые и трудно- обрабатываемые материалы.
- 3) Этот метод особенно эффективен при изготовлении штампов сложнейших конфигураций из особо твердых сплавов.



Приспособление для перепосадочной обработки семенных клубней картофеля электрическим полем коронного разряда
 1 - болт с набором шайб, 2 - изолятор, 3 - корпус, 4 - муфта, 5 - высоковольтный кабель, 6 - рамка коронирующих электродов, 7,8 - поперечная планка и верхняя ветвь транспортной ленты, 9 - металлический лист, 10 - клубень картофеля.

Рисунок 8. Конструкция приспособления предпосадочной обработки семенных клубней картофеля.

Производительность установки 250 кг/ч, $P = 15 \text{ кВт}$, $U = 5 \cdot 10^4 \text{ В}$, $C = 1 \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $L \leq 5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$. Производительность труда возрастает в 1,5 – 2 раза, экономия моющих средств 2,5 – 3 раза.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электрических разрядов применяются в электротехнологиях?
2. Объясните условия возникновения искрового разряда и причины его быстрого погасания.
3. Что собой представляет искровой разряд?
4. Объясните с помощью стримерной теории механизм формирования плазменного канала электрического пробоя газов.
5. Какие типичные представители искрового разряда в природе вы знаете и какими электрическими параметрами они характеризуются?
6. Перечислите области применения электрических искровых разрядов.
7. Чем характеризуются электроимпульсные технологии и какие их основные особенности?
8. Объясните принцип действия электропастуха.
9. Объясните принцип действия электрогидравлической дробилки и основные ее характеристики. Нарисуйте принципиальную схему получения электрогидравлического эффекта.
10. Объясните процесс электроимпульсной штамповки.
11. Нарисуйте схему электроэрозионной обработки металлов и объясните принцип ее действия.
12. Перечислите основные преимущества электроимпульсной обработки металлов.

4. Электроионные технологии

Электроионные технологии (ЭИТ) – область электротехнологии, в которой используют взаимодействие сильных электрических полей с заряженными частицами твердого или жидкого вещества с целью придания им целенаправленного упорядоченного движения необходимого для реализации некоторых технологических процессов. Наиболее часто в электроионных технологиях применяют ЭПКР.

Коронный разряд – неполный пробой газового промежутка. Коронный разряд, электрическая корона, разновидность тлеющего разряда; возникает при резко выраженной неоднородности электрического поля вблизи одного или обоих электродов. Подобные поля формируются у электродов с очень большой кривизной поверхности (острия, тонкие провода). При коронном разряде эти электроды окружены характерным свечением, также получившим название короны, или коронирующего слоя. Примыкающая к короне несветящаяся («тёмная») область межэлектродного пространства называется внешней зоной. Корона часто появляется на высоких остроконечных предметах (огни святого Эльма), вокруг проводов линий электропередач и т. д.

Появление коронного разряда объясняется ионной лавиной. В газе всегда есть некоторое число ионов и электронов, возникающих от случайных причин. Однако, число их настолько мало, что газ практически не проводит электричества. При достаточно большой напряженности поля кинетическая энергия, накопленная ионом в промежутке между двумя соударениями, может сделаться достаточной, чтобы ионизировать нейтральную молекулу при соударении. В результате образуется новый отрицательный электрон и положительно заряженный остаток – ион.

Свободный электрон 1 при соударении с нейтральной молекулой расщепляет ее на электрон 2 и свободный положительный ион. Электроны 1 и 2 при дальнейшем соударении с нейтральными молекулами снова расщепляет их на электроны 3 и 4 и свободные положительные ионы, и т.д.

Такой процесс ионизации называют ударной ионизацией, а ту работу, которую нужно затратить, чтобы произвести отрывание электрона от атома – работой ионизации. Работа ионизации зависит от строения атома и поэтому различна для разных газов. Образовавшиеся под влиянием ударной ионизации электроны и ионы увеличивают число зарядов в газе, причем в свою очередь они приходят в движение под действием электрического поля и могут произвести ударную ионизацию новых атомов. Таким образом, процесс усиливает сам себя, и ионизация в газе быстро достигает очень большой величины. Явление аналогично снежной лавине, поэтому этот процесс был назван ионной лавиной.

Натянем на двух высоких изолированных подставках металлическую проволоку ab , имеющую диаметр несколько десятых миллиметра, и соединим ее с отрицательным полюсом генератора, дающего напряжение несколько тысяч вольт. Второй полюс генератора отведем к Земле. Получится своеобразный конденсатор, обкладками которого являются проволока и стены комнаты, которые, конечно, сообщаются с Землей.

Поле в этом конденсаторе весьма неоднородно, и напряженность его вблизи тонкой проволоки очень велика. Повышая постепенно напряжение и наблюдая за проволокой в темноте, можно заметить, что при определенном напряжении возле проволоки появляется слабое свечение (корона), охватывающее со всех сторон проволоку; оно сопровождается шипящим звуком и легким потрескиванием. Если между проволокой и источником включен чувствительный гальванометр, то с появлением свечения гальванометр показывает заметный ток, идущий от генератора по проводам к проволоке и от нее по воздуху комнаты к стенам, между проволокой и стенами переносится ионами, образованными в комнате благодаря ударной ионизации. Таким образом, свечение воздуха и появление тока указывает на сильную ионизацию воздуха под действием электрического поля. Коронный разряд может возникнуть не только вблизи проволоки, но и у острия и вообще вблизи любых электродов, возле которых образуется очень сильное неоднородное поле.

Коронный разряд может иметь место при различных давлениях газа в разрядном промежутке, но наиболее отчетливо он проявляется при давлениях не ниже атмосферного.

Разряд начинается, когда напряжение U между электродами достигает так называемого "начального потенциала" короны U_0 (типичные значения - тысячи и десятки тысяч В). Ток коронного разряда пропорционален разности $U-U_0$ и подвижности образующихся в разряде ионов газа он обычно невелик (доли мА на 1 см длины коронирующего электрода). При повышении U яркость и толщина коронирующих слоев растут. Когда U достигает потенциала "искрового перекрытия", коронный разряд переходит в искровой разряд.

Если коронирует только анод, корона называется положительной. В этом случае первичные электроны высвобождаются на внешней границе коронирующего слоя в результате фотоионизации газа фотонами, испускаемыми внутри короны. Ускоряясь в поле анода, эти электроны ударно возбуждают атомы и ионы газа и в актах ударной ионизации порождают электронные лавины. Во внешней зоне носителями тока являются положительные ионы; образуемый ими положительный пространственный заряд ограничивает ток коронного разряда.

В отрицательной короне положительные ионы, ускоренные сильным полем вблизи коронирующего катода, выбивают из него электроны (вторичная электронная эмиссия). Вылетев из катода, электроны ударно ионизуют газ, порождая лавины и обеспечивая воспроизводство положительных ионов. В чистых электроположительных газах ток во внешней зоне переносится электронами, а в присутствии электроотрицательных газов, обладающих сродством к электрону, - отрицательными ионами, возникающими при "слипании" электронов и нейтральных молекул газа. Эти электроны или ионы образуют во внешней зоне отрицательный пространственный заряд, ограничивающий ток коронного разряда.

В дипольной короне коронируют оба электрода. Процессы в коронирующих слоях аналогичны описанным; во внешней зоне ток переносится встречными потоками положительных ионов и электронов (или отрицательных ионов).

При периодическом изменении полярности электродов (коронный разряд переменного тока) малоподвижные тяжёлые ионы во внешней зоне не успевают достичь электродов за время одного полупериода, и возникают колебания пространственного заряда. Коронный разряд на частотах порядка 100 кГц и выше называется короной *высокочастотной*, а при частотах более 10 мГц и значительной мощности питающего источника энергии высокочастотная корона переходит в *факельный* разряд.

В коронном разряде электрическая энергия преобразуется главным образом в тепловую - в соударениях ионы отдают энергию своего движения нейтральным молекулам газа. Этот механизм вызывает значительные потери энергии на высоковольтных линиях передач. Полезное применение (кроме обработки поверхности пленок) коронный разряд нашёл в процессах электрической сепарации (например, в электрических фильтрах), электрической окраски (в частности, для нанесения порошковых покрытий), а также при регистрации ионизирующего излучения (счётчиками Гейгера - Мюллера).

Применение коронного разряда. Электрическая очистка газов (электрофильтры). Сосуд, наполненный дымом, внезапно делается совершенно прозрачным, если внести в него острые металлические электроды, соединенные с электрической машиной, а все твердые и жидкие частицы будут осаждаться на электродах. Объяснение опыта заключается в следующем: как только у проволоки зажигается корона, воздух внутри трубки сильно ионизируется. Газовые ионы прилипают к частицам пыли и заряжают их. Так как внутри трубки действует сильное электрическое поле, заряженные частицы пыли движутся под действием поля к электродам, где и оседают.

Рабочим органом в аппаратах электроионных технологий является электрическое поле напряженностью более 100 кВ/м, а объекты обработки частицы материалов от микрометров до десятков миллиметров.

В сельскохозяйственном производстве электроионные технологии используют для очистки и сортировки семян, смешивания и осаждения из воздуха пыли и микроорганизмов, распыления лекарств, нанесения ядохимикатов на растения, а также нанесения краски на окрашиваемые изделия и др.

В основе электроионных технологий лежат четыре операции:

1. подача материала
2. зарядка его частиц
3. движение заряженных частиц в электрическом поле
4. формирование готового продукта.

Электрическое поле и поле коронного разряда различают по конфигурации, наличию объемных зарядов, роду электрического поля. По конфигурации электрическое поле коронного разряда бывает: плоскопараллельные, плоско меридианные и трехмерные.

Примеры плоскопараллельных полей – поля коаксиальных цилиндров, система провод параллельный плоскости, провод между параллельными плоскостями, ряд параллельных проводов над плоскостью.

Пример плоскомеридианных полей – поля концентрических шаров, система шар – плоскость, игла – плоскость.

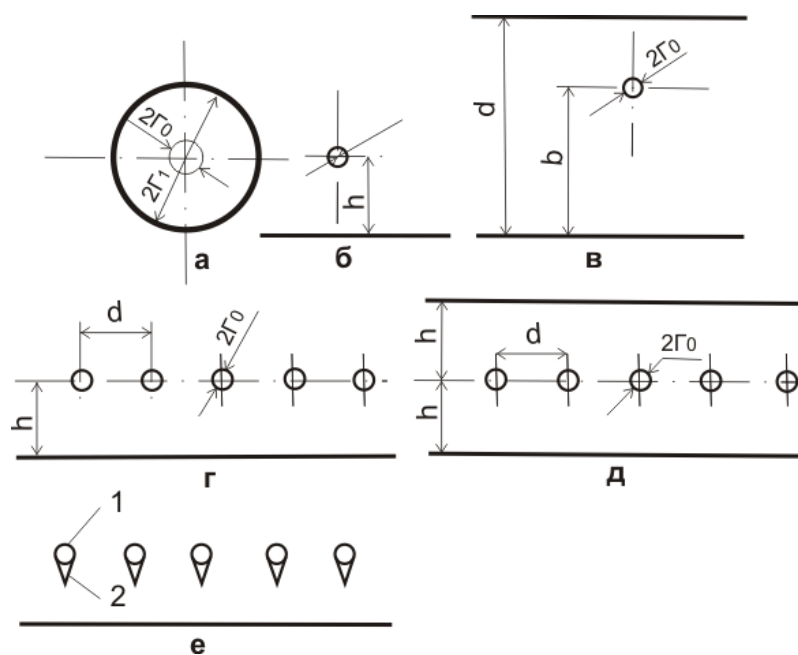


Рисунок 9. Некоторые системы электродов для создания поля коронного разряда:

- а – провод по оси цилиндра; б – провод-плоскость; в – провод между двумя плоскостями; г – ряд проводов- плоскость;
- д – ряд проводов посередине между двумя плоскостями;
- е – ряд стержней с иглами- плоскость. 1 – стержень; 2 — игла.

Трехмерные поля – очень сложные системы, например, равноотстоящие шары или электроды, иглы и др.

Теория биполярной короны на проводах

Явление коронного разряда в воздухе характеризуется возникновением в ограниченном объеме, самоподдерживающейся ударной ионизации газа лавинами электронов. Такая ионизация возникает в резко неоднородном электрическом поле в весьма узкой области высоких градиентов у поверхности электрода с малым радиусом кривизны. Обычно толщина слоя газа, охваченного ионизацией, не превосходит десятых долей или единиц сантиметров, тогда как в остальной внешней области, с более слабыми градиентами поля, диэлектрическая прочность газа остается ненарушенной. Корона самоподдерживается, поскольку каждая электронная лавина создает в результате вторичных процессов условия для возникновения нового электрона, способного инициировать новую лавину. Таким вторичным процессом является у отрицательного провода бомбардировка поверхности провода положительными ионами, выбивающими новые электроны; у положительного провода новые электроны создаются фотоионизацией газа, излучением возбужденных атомов.

Из зоны ионизации во внешнюю область движется поток ионов, знак которых совпадает со знаком потенциала на коронирующем проводе. Наличие этих ионов обуславливает появление тока проводимости между электродами.

Вместе с тем объемный заряд ионов перераспределяет градиенты поля в промежутке между электродами и тем самым стабилизирует корону. Он экранирует, снижает градиент у провода до некоторого уровня, минимально необходимого для поддержания ионизации, тем самым препятствует распространению ионизации в глубь разрядного промежутка. Наоборот, во внешней зоне градиенты поля повышаются. Возникновение короны связано с потерями энергии. Лишь очень небольшая часть энергии (десятые доли процента) затрачивается непосредственно на ионизацию и излучение. В основном это потери тепловые, вызванные столкновением ионов и электронов с молекулами газа. Как бы ни были относительно малы эти потери, на высоковольтных линиях передачи энергии они могут достигать ощутимых абсолютных размеров и измеряться единицами, а при неблагоприятных условиях десятками и даже сотнями киловатт на километр длины линии. Борьба с этим явлением составляет важный раздел высоковольтной техники.

Униполярная корона и ее использование в электроионных технологиях

При относительно малом напряжении U сила тока в цепи электродов равна нулю. При $U=U_0$ напряженность электрического поля достигает значения E_0 , при которой в этой области начинается ионизация воздуха. В остальной части межэлектродного промежутка напряженность $E \ll E_0$, поэтому там процесс ионизации не происходит. Электрический тлеющий разряд, возникающий в той части межэлектродного пространства, где $E=E_0$, называется коронным разрядом.

Начальную напряженность коронного разряда для цилиндрического коронирующего электрода определяют по эмпирической формуле Пика, В/м

$$E_0 = 30,3 \cdot 10^5 p(1 + 0,0298/\sqrt{\rho_0 r_0}),$$

где ρ_0 – относительная плотность воздуха $\rho_0 = 289 \cdot 10^{-5} p/T$;

p – атмосферное давление, Па; температура воздуха, К (при $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па и $T = 293$ К, $\rho_0 = 1$);

r_0 – радиус коронирующего электрода (провода), м.

Начальное напряжение коронного разряда, В.

$$U_0 = E_0 r_0 A,$$

где A – функция геометрических параметров системы электродов.

При $U \geq U_0$ вольтамперная характеристика коронного разряда описывается уравнением

$$I_l = k\varepsilon_0 G,$$

где I_l – удельная сила тока коронирующего провода, А/м;

k – подвижность ионов, $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$;
 ε_0 – электрическая постоянная;
 G – функция напряженности и геометрических параметров принятой системы электродов, $\text{В}^2/\text{м}^2$.

При развитой униполярной кроне напряженность поля E , $\text{В}/\text{м}$ и объемную плотность электрических зарядов ρ_3 , $\text{Кл}/\text{м}^3$, вблизи некоронирующего электрода можно найти по формулам:

$$E = D\sqrt{I_1/2\pi\varepsilon_0k}, \quad \rho_3 = L\sqrt{I_1\varepsilon_0/2\pi k},$$

где D, L – параметры, зависящие от системы электродов.

Значения параметров A, G, D, L – коронного разряда для простых электродов можно найти по формулам.

Для системы «провод – плоскость»

$$A = \ln(2h/r_0); \quad G = (2,35\pi\sqrt{3/h^2}) \cdot (\sqrt{U_0/A}(U - U_0)^{3/2}); \quad D = 2,5; \quad L = \sqrt{3,525/xh},$$

где x – расстояние от провода до текущей точки центральной силовой линии, м для которой приведены значения D и L .

Заряды, осевшие на поверхности частицы создают свое электрическое поле, которое впоследствии отталкивает одноименные заряды, поэтому примерно через $0,1$ с зарядка частиц прекращается и частица приобретает предельный заряд Q_{max} , величина которого зависит от геометрической формы и размеров частиц. Примеры использования коронного разряда на практике покраски деталей и распыления ядохимикатов представлены на следующих рисунках 11, 12, 13.

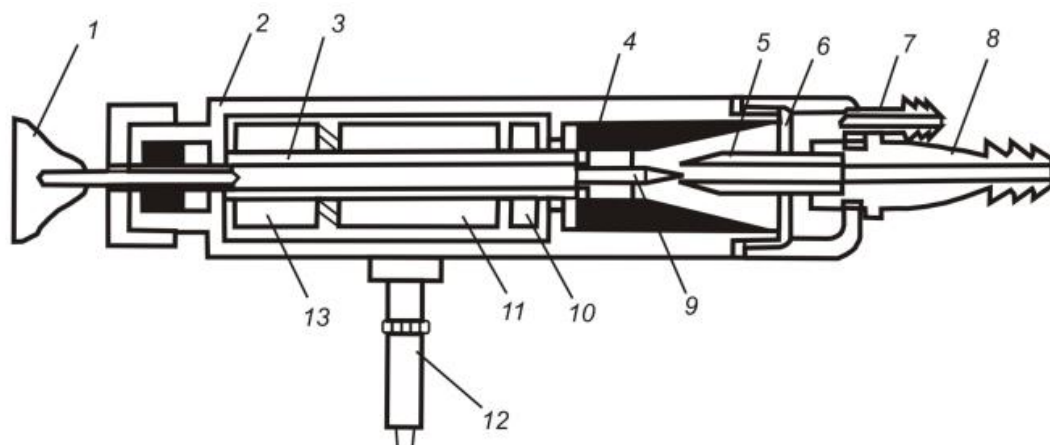


Рисунок 10. Распылитель РПУ-10 с контактной зарядкой частиц:

1 – сменные рассекатели; 2 – корпус распылителя; 3 – канал; 4 – диэлектрический конус; 5 – трубка; 6 – перфорированный электрод; 7 и 8 – штуцера подачи чистого воздуха и пылегазовой смеси; 9 – игла; 10 – ограничительный резистор; 11 – блок умножения и выпрямления напряжения; 12 – разъем; 13 – трансформатор.

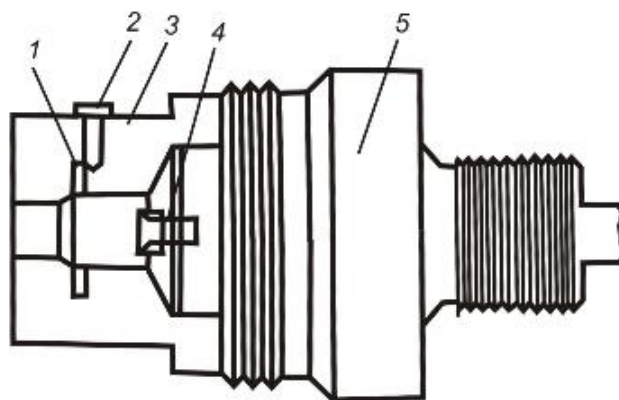


Рисунок 11. Схема центробежного распылителя электроаэрозоля с индукционной зарядкой:

1 – высоковольтный конический электрод; 2 – игла; 3 – шприц; 4 – распыляемый аэрозоль; 5 – пленка жидкости; 6 – вращающийся заземленный конус.

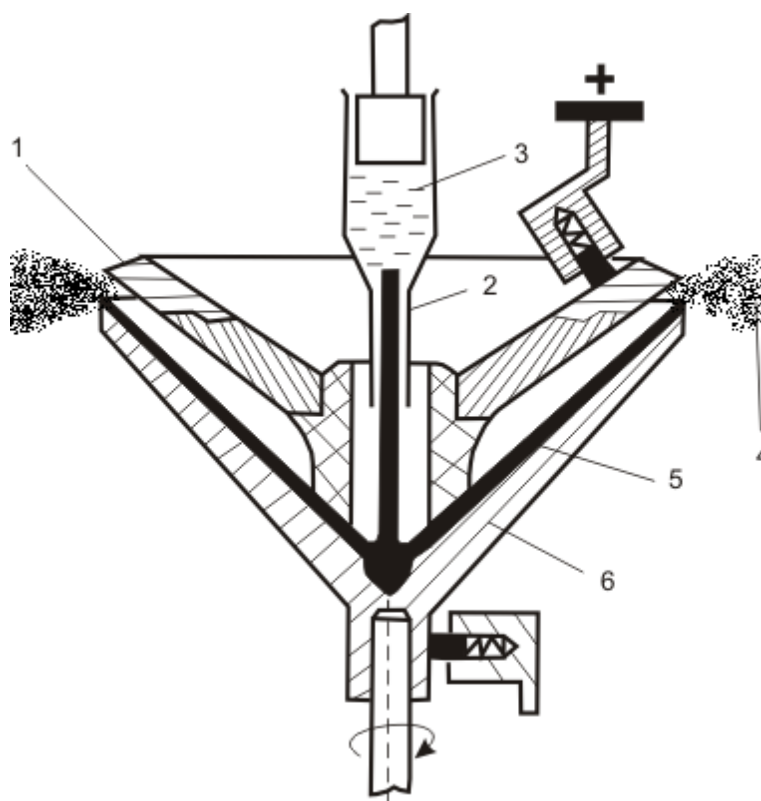


Рисунок 12. Форсунка для зарядки и распыления пестицидов индукционным методом:

1 – электрод, на котором есть потенциал;
2 – контактный стержень; 3 – форсунка; 4 и 5 – каналы для пестицидов и воздуха.

Частицы материалов в сельскохозяйственных технологиях имеют, как правило, форму двухосного эллипсоида (например, зерно), степень вытянутости которого определяют коэффициентом формы:

$$k_{\phi} = b/a,$$

где b и a – малая и большая оси эллипсоида, м.

Q_{\max} – заряд частиц при ориентации большой оси вдоль оси поля,

$$Q_{\max} = E\pi\epsilon_0 b^2 \epsilon_r / [1 + (\epsilon_r - 1)d_a].$$

При ориентации большой оси поперек поля

$$Q_{\max} = E\pi\epsilon_0 ab \epsilon_r / [1 + (\epsilon_r - 1)d_b],$$

где E – напряженность ЭП в месте нахождения частицы, В/м;

ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость материала частицы;

d_a, d_b – коэффициенты деполяризации эллипсоида, характеризующие степень искажения им внешнего поля в направлении большой и малой осей и зависящие от коэффициента сферичности.

Для сферичной частицы $a=b, d_a = d_b = 1/3$, тогда

$$Q_{\max} = 3\pi\epsilon_0 \epsilon_r a^2 / (\epsilon_r + 2).$$

Ионная зарядка универсальна и относится к частицам проводящим и непроводящим электрический ток.

Силы, действующие на заряженные частицы в электрическом поле.

На частицу в электрическом поле действуют силы, имеющие механическую и электрическую природу.

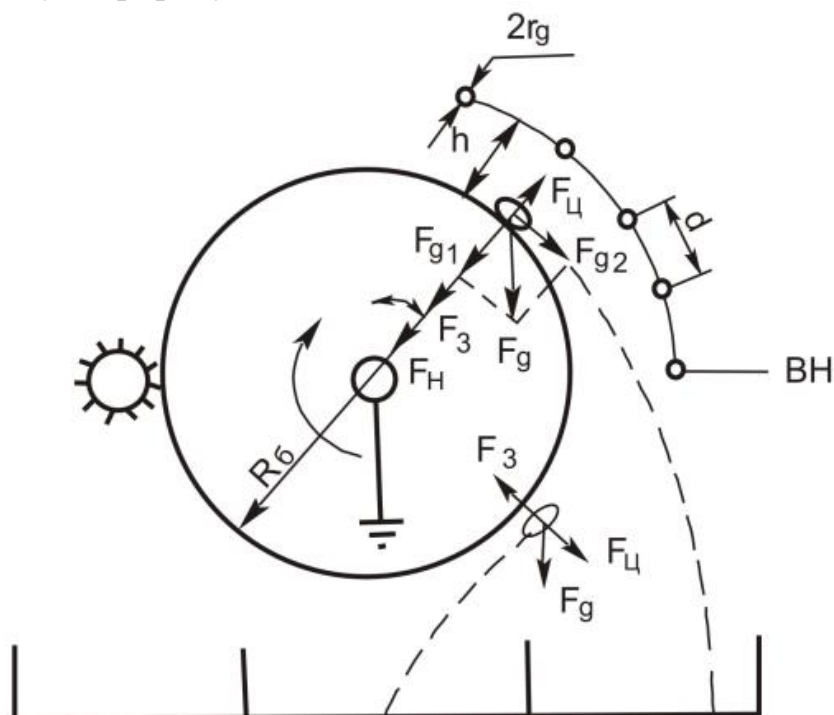


Рисунок 13. Схема действующих сил на заряженную частицу в электрическом поле коронного разряда.

1 – барабан с R_δ ; 2 – бункер; 3 – коронирующие электроды с $2r_0$; 4 – зерно; 5 – щетка.

Механические силы – это силы тяжести, трения, центробежная сила, сопротивление среды и др.

Электрические силы – силы, определяемые зарядом частицы и взаимодействия с такой же соседней частицей, а также силы, обусловленные неоднородностью электрического поля.

сила действия электрического поля на заряд частицы, Н.

$$F_k = EQ.$$

сила взаимодействия с такой же соседней заряженной частицей (кулоновское взаимодействие)

$$F_3 = -Q^2/4\pi\epsilon_0(2h)^2,$$

где h – расстояние от заряда до частицы.

сила, вызванная неоднородностью электрического поля, обусловленная поляризацией

$$F_n = \frac{\pi\epsilon_0 d^3}{2} \cdot \frac{(\epsilon_r - 1)}{(\epsilon_r + 2)} \cdot E_{grad}E$$

Траектория движения частицы в электрическом поле определяется равнодействующей этих сил. На зерна в электрическом поле оказывают действия выше рассмотренные силы механической и электрической природы.

Если большая ось вытянутой частицы (зерна) в электрическом поле составляет угол β с направлением вектора напряженности электрического поля E , то силы электрического поля, действующие на заряды частицы, создают вращающий момент, Нм.

$$M_3 = \epsilon_0 E^2 V_3 k_0(k_\phi; \epsilon) \sin 2\delta / 2;$$

где V_3 – объем частицы, m^3 ;

$\tau(k_\phi; \epsilon)$ – функция $k_\phi = [1 + (\epsilon - 1)k_0] / \epsilon$,

k_ϕ – диэлектрический коэффициент формы частицы;

k_0 – коэффициент деполяризации,

δ – угол дополняющий угол β до 90° .

Зерно оторвется от барабана, когда результирующая сила перпендикулярная к поверхности барабана будет равна нулю, а условие отрыва зерна в зоне коронного разряда описывается равенством:

$$F_k + F_3 + F_\partial \cdot \cos \alpha_0 = F_u,$$

где α_0 – угол отрыва, отсюда

$$\cos \alpha_0 = \frac{F_u - F_k - F_3}{F_\partial},$$

$$\text{но } F_u = \frac{mV^2}{R_\delta}, \text{ а } F_\delta = mg \quad m = V\rho = \frac{\pi}{6} ab^2 \rho,$$

ρ – плотность зерна, $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$

R_δ – радиус барабана, а $F_3 = \frac{Q^2}{\pi \epsilon_0 b^2}$ подставив значения сил в первое равенство и преобразовав, получим

$$\cos \alpha_0 = \frac{V^2}{gR_\delta} - \frac{6\epsilon_0}{g} \cdot E^2 C_\delta,$$

где $C_\delta = \frac{\mu_K \cdot \epsilon_r}{b\rho[1+(\epsilon_r - 1)d_\delta]} \left[1 + \frac{a}{b} \cdot \frac{\mu_K \cdot \epsilon_r}{1+(\epsilon_r - 1)d_\delta} \right]$

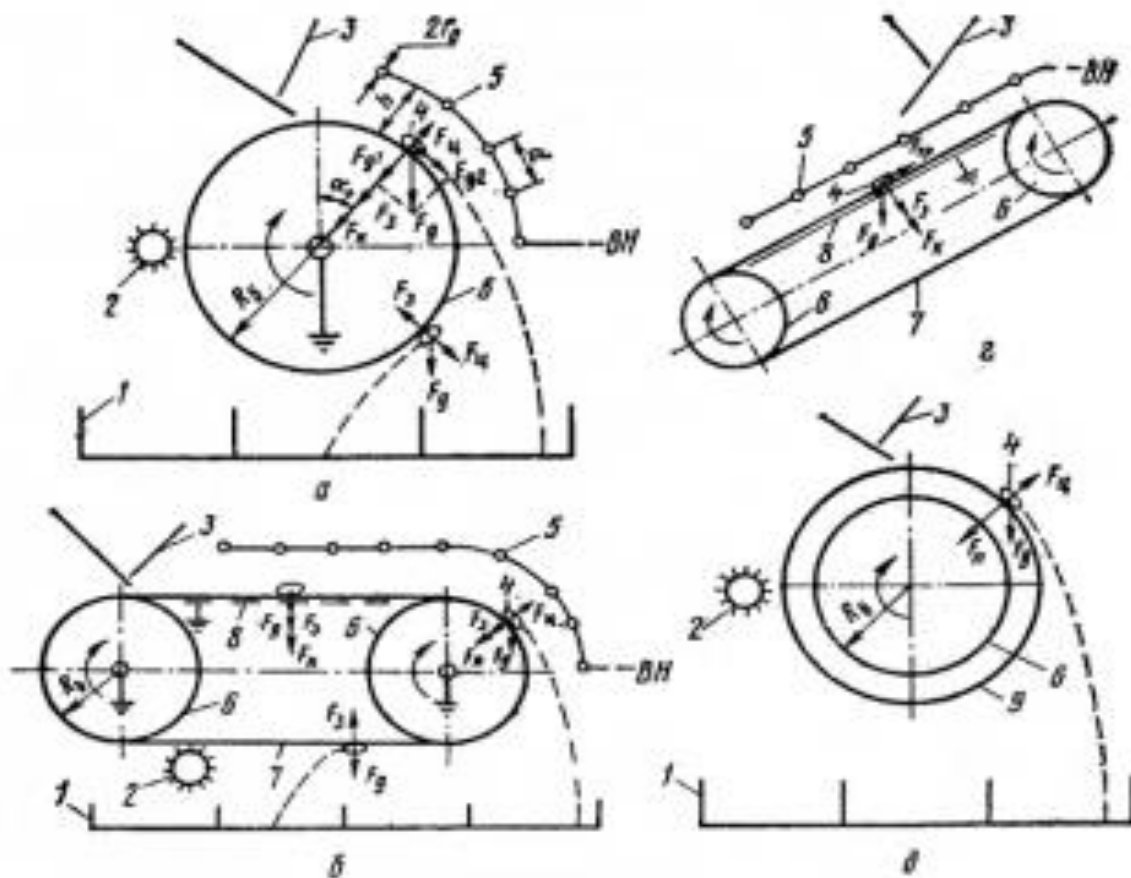


Рисунок 14. Схема некоторых элетросепараторов:
а) барабанный; б) транспортерный; г) «горка»; д) диэлектрический.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность электронных технологий?
2. В чем сущность коронного разряда? Откуда появилось название «коронного» разряда и где чаще всего он появляется?
3. Чем объясняется появление коронного разряда и механизм его появления? Необходимые условия возникновения коронного разряда?
4. Что такое положительная и отрицательная корона?
5. Что такое биполярная корона? Пространственный разряд?
6. Что такое факельный разряд?
7. Области применения коронного разряда?
8. Как используется коронный разряд в электронных фильтрах и при очистке и сортировке зерна?
9. Простые типы электронных систем для создания полей коронного разряда?
10. Изложите сущность биполярной короны на проводных линиях электропередач.
11. Какие последствия от появления биполярной короны на ЛЭП'ах? И как с ней бороться?
12. Что такое униполярная корона? Объясните ее применения в сельскохозяйственных электротехнологиях.
13. Какие способы зарядки частиц вы знаете? Объясните физически природу процессов зарядки.
14. Какие типы электросепараторов зерна вы знаете?
15. В чем сущность работы электросепараторов?
16. В чем заключается различие механического и электрического процесса разделения зерновых смесей?
17. Перечислите области применения электронных технологий.
18. Какие требования безопасности предъявляются при работе с установками электронных технологий?

5. Электрические ионизаторы воздуха

Под действием различных физических факторов в воздухе, почве, воде и др. средах под действием (радиоактивного излучения, космических лучей, ультрафиолетовые излучения, газовых разрядов и т.д.) непрерывно происходит естественная ионизация. Атмосферные ионы можно разделить на две группы: легкие $k > 0,1 \dots 0,5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, где k – коэффициент подвижности полов.

Легким аэроионом называют ионизированную молекулу, окруженную группой нейтральных молекул водяного пара. Тяжелый аэроион состоит из аэрозольных частиц (пылинки, капельки влаги, микробные тела), несущих электрический заряд. Тяжелые ионы бывают – средние, тяжелые и ультратяжелые. В чистом воздухе 1 см^3 у поверхности Земли бывает от 500 до 1000 легких аэроионов и до нескольких тысяч тяжелых ионов каждого знака.

Установлено, что легкие отрицательные аэроионы в определенных дозах благоприятно влияют на людей и животных, в то время как легкие положительные ионы такое воздействие оказывают довольно редко. Тяжелые ионы, прежде всего положительно-заряженные оказывают крайне неблагоприятное воздействие на физиологические объекты.

В животноводческих и других производственных помещениях ионный состав воздуха может быть сильно искажен по сравнению с ионным составом наружного воздуха. Последнее объясняется тем, что живые организмы выдыхают большое количество тяжелых ионов, поэтому в таких помещениях концентрация тяжелых ионов сильно возрастает. В то же время легкие аэроионы отрицательные частично осаждаются на элементах приточной вентиляции (калорифере, трубопроводах, вентиляторах, а также расходуются внутри помещения на образование тяжелых аэроионов при встрече с неионизированными тяжелыми частицами взвешенными в воздухе помещения.

Реализация режима АИ тест: выводимость цыплят повышается на 2...6%, сохранность в период выращивания возрастает на 2...10%; яйценоскость кур-несушек на 2...10%. прирост живой массы телят возрастает на 10...20%, удои коров на 8%, и прирост живой массы поросят на 10...15%, молочность свиноматок на 18%.

Искусственную аэроионизацию осуществляют с помощью аэроионизаторов, причем в качестве аэроионизаторов используют чаще всего коронные аэроионизаторы проволочные или игольчатые, которые размещают либо в приточной вентиляционной системе, либо внутри помещения.

Расчет аэроионизатора с коронирующими электродами осуществляются в такой последовательности:

1. Оценивается средняя необходимая концентрация легких отрицательных АИ в помещении по рекомендациям таблицы в 1 см^3 воздуха n_d .
2. Определяется удельная сила тока коронного разряда I_v , мк А/ м^3 по формуле Баргирова Н.М.

$$I_v = 0,44 \cdot 10^{-12} \cdot n_d^2.$$

3. Определяется общая сила тока всех коронирующих электродов в данном помещении

$$I = I_v \cdot V_n \cdot 10^{-6} \text{ A},$$

где V_n – объем помещения, м^3 .

4. Рассматривается удельная (на единицу длины коронирующего электрода) сила тока, A/м

$$I_l = I/l,$$

l – общая длина коронирующих электродов (всех), м .

5. Решением уравнения вольтамперной характеристики либо экспериментально определяется напряжение, которое необходимо подать на коронирующие электроды, чтобы получить необходимую величину I .

$$I_l = \varepsilon_0 k G.$$

Электроионные фильтры

В птицеводческих помещениях запыленность достигает 20 мг/м^3 а на участках содержания молодняка до 300 мг/м^3 при норме $3\text{--}5 \text{ мг/м}^3$. Очищая воздух, можно довести содержание взвешенных частиц до допустимой нормы, но снизить энергозатраты на создание здорового микроклимата можно только с помощью электрофильтров, которые могут обеспечить очистку до 99% с удалением из воздуха частиц от долей до сотен микрон, причем при этом можно проводить одновременно и аэроионизацию воздуха. Электрофильтры бывают трубчатые и пластинчатые. Очищенный воздух проходит через электрическое поле коронного разряда, где взвешенные частицы (пыли, дыма, тумана) заряжаются, а потом под действием электрических сил осаждаются на электродах. Существуют одно- и двухзонные электрофильтры. В однозонных зарядка и осаждение частиц происходит в одной зоне, в двухзонных эти операции происходят в разных зонах.

При длительном пребывании животных, птиц в таком обедненном отрицательными легкими ионами воздухе снижается их сопротивляемость заболеваниям, снижается аппетит и как следствие продуктивность. Ослабить или полностью исключить это влияние, можно насытив воздух помещения легкими отрицательными аэроионами.

Хотя биологическое действие отрицательных аэроионов до сих пор недостаточно изучено но факт лечебного положительного влияния на здоровье и продуктивность неоспоримо доказан.

Аэроионны при оптимальных дозах усиливают в биоорганизмах окислительно-восстановительные и обменные процессы, повышают легочный газообмен, активность ферментов, а также повышают защитные функции.

Кроме того, при аэроионизации помещений воздух очищается от пылевидных и микробных частиц. Сущность этого процесса заключается в ионной

зарядке аэрозольных частиц с последующим их осаждением под действием электрического поля.

Зона осаждения Зона заряда

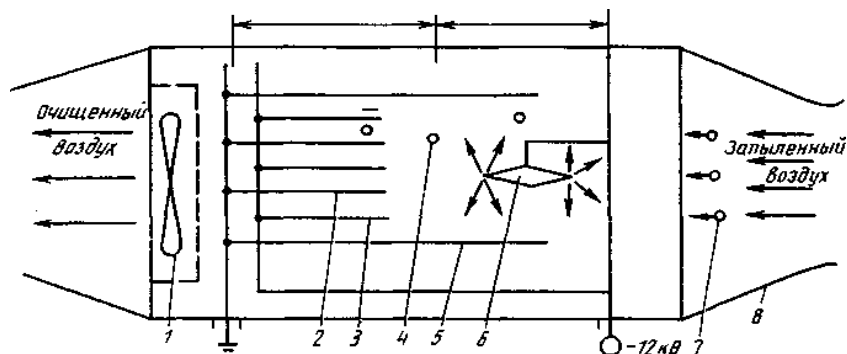


Рисунок 15. Схема двухзонного фильтра:

1 - вентилятор; 2 и 3 - пластины заземленная и с потенциалом; 4 и 7 - заряженная и нейтральная частицы пыли; 5 - заземленная плоскость; 6 - коронирующие электроды; 8-входной патрубок

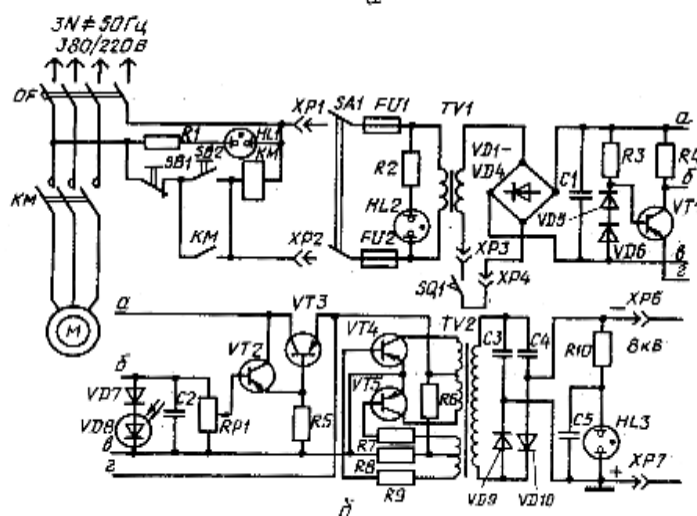
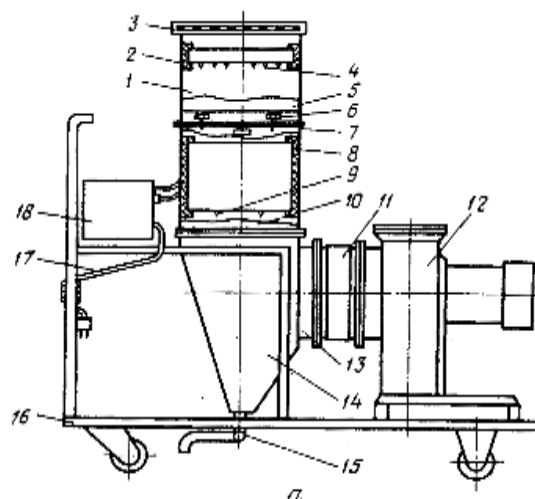


Рисунок 16. Установка УОВ-1 для очистки и ионизации воздуха:

1 – вентилятор; 2, 3 – пластины с потенциалом; 4, 7 – незаряженные и заряженные частицы; 6 – коронирующий электрод; 8, 9 – входной и выходной патрубок.

Степень очистки газов:

$$\eta_{\text{ог}} = (z_1 - z_2) / z_1,$$

где z_1 – содержание пыли, z_2 – после очистки.

В двухзонных фильтрах $E = 6-15$ кВ потребляемая мощность

$$10-30 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ м}^3},$$

степень очистки 90–95% (пыли) и 80–85% микроорганизмов, скорость воздуха через фильтр $V = 2$ м/с, аэродинамическое сопротивление электрофильтра – 10–90 Па.

Контрольные вопросы

1. Под влиянием каких факторов происходит естественная ионизация воздуха?
2. Какие группы аэроионов вы знаете и чем они характеризуются?
3. Какой состав “легких” и “тяжелых” аэроионов?
4. Объясните, что представляет собой аэроион? Почему концентрация отрицательных аэроионов в помещениях содержания животных ниже, чем в наружном воздухе?
5. В чем принцип работы электрокоронных генераторов аэроионов?
6. Каким образом дозируют воздействие аэроионов на животных и птицу?
7. Какое влияние на животных и птицу оказывают аэроионы?
8. Объясните суть расчета аэроионизатора?
9. Как происходит очистка воздуха в электроионных фильтрах?
10. Какие виды фильтров электроионных вы знаете?
11. Перечислите показатели работы электроионных фильтров?

6. Ультразвуковая обработка материалов

6.1 Ультразвук и его воздействие на физические и биологические объекты

Периодические механические колебания среды с частотами выше предела слышимости человеческого уха называются ультразвуком. Упругие механические колебания делятся на инфразвук частота до 16 Гц, слышимый звук от 17 до 20000 Гц, ультразвук выше 20000 Гц до 10^{10} Гц и гиперзвук – выше 10^{10} Гц. В ультразвуковых технологиях наибольший интерес представляют скорость распространения УЗ волны; развиваемое волной давление и интенсивность. Скорость распространения УЗ волны определяется по формуле:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где E – модуль Юнга ρ - плотность материала или

$$c = f\lambda,$$

где f – частота λ - длина волны УЗ.

Давление УЗ волны будет равно:

$$p = A_m \times \omega \times \rho \times c \times \cos \omega(\tau - x/c) = p_m \times \cos \omega(\tau - x/c),$$

где $p_m = A_m \times \omega \times \rho \times c = \gamma * Z_a$ амплитуда звукового давления в Па ,

$v = A_m \times \omega$ амплитуда скорости распространения УЗ волны, м/с,

A_m – амплитуда смещения частицы, м;

ω – угловая частота колебаний;

$Z_a = \rho \times c$ – удельное акустическое сопротивление среды;

τ – текущее значение времени, с;

x – текущая координата частицы, м.

$E = 1/2 \rho \times \omega^2 \times A_m^2$ – плотность энергии УЗ волны,

$I = E \times c$ или $I = \rho \times v^3 / 2$. – интенсивность или сила ультразвука.

Интенсивностью УЗ волны называют мощность, приходящуюся на единицу площади поверхности перпендикулярной направлению распространения УЗ волны, Вт/м^2

При переходе УЗ волны из среды с одной плотностью в другую всегда имеет место частичное отражение УЗ волны от границы раздела фаз, т.е. сред с разной плотностью. Отношение интенсивности отраженной волны к интенсивности падающей волны называется коэффициентом отражения. Наличие отраженной волны от границы раздела фаз используется в ультразвуковой дефектоскопии, с помощью которой удается зафиксировать координаты дефекта внутри материала, а потом уже его вскрыть и устранить. При распространении УЗ вол-

ны через среду часть ее энергии поглощается, т.е. переходит в другие виды энергии, например, в теплоту.

Таблица 1

Значения скорости УЗ c и плотности ρ среды

Наименование	ρ , кг/м ³	Скорость, м/с	Наименование	ρ , кг/м ³	Скорость, м/с
Воздух	1,3	343	Пермендюр К49Ф2	8080	5200
Вода	997	1497	Альфер	6650	5100
Ртуть	13595	1451	Титанат бария	5300	4400
Железо	7800	5850	пъезокварц	2650	5700

Прохождение УЗ через среду сопровождается первичными и вторичными эффектами.

Первичные эффекты имеют механическую природу и обусловлены свойствами УЗ. К ним относятся: переменное ультразвуковое давление, постоянный ток, кавитация, поверхностное трение.

Кавитация образование в жидкости в процессе разряжения полостей или разрывов, которые захлопываются во время сжатия, вызывая микро гидравлические удары, давление во время которых достигает нескольких мегапаскалей.

Вторичные эффекты – следствие первичных и подразделяются на механические, тепловые, акустические, химические и биологические. К механическим эффектам относятся также коагуляция (слипание частиц), дегазация жидкостей и диспергирование – измельчение твердых или жидких веществ в какой либо среде. (пример – приготовление эмульсии бензина (70% бензина+30% воды)).

Преобразователи в ультразвук бывают механические и электрические. Механические (свистки, сирены и др.) преобразуют скорость и давление потока газа или жидкости в УЗ колебания. Они очень просты, но маломощны. Поэтому в технике шире применяют электроакустические преобразователи работающие на основе магнитострикционного и пьезоэлектрического эффектов.

Акустические трансформаторы – волноводы, концентраторы служат для ввода УЗ колебаний в обрабатываемый материал, а также для согласования параметров преобразователя с нагрузкой.

Источники питания УЗУ – это ультразвуковые генераторы-устройства предназначенные для преобразования электроэнергии переменного тока промышленной частоты в энергию электрического тока высокой частоты равной по частоте ультразвуку.

6.2. Магнитострикционные преобразователи

В основу работы магнитострикторов положено изменение размеров (деформация) ферромагнетика при изменении окружающего электромагнитного поля. Магнитостриктор выполняют из пластин в виде замкнутых двух и много

стержневых магнитопроводов. В качестве материала для пластин используют никель, железо, кобальт или сплавы – альфер, пермендюр и др. Магнитоэстроиционная деформация зависит от напряженности электромагнитного поля, температуры и вида материала из которого изготовлены пластины магнитоэстроиктора. При возрастании напряженности МП деформация у сплавов платиножелезистых Pt+Fe увеличивается, а у никелевых пластинок уменьшается. В УЗ технике широко используется альфер и сплавы железистоалюминиевые марок : Ю-10; Ю-12; Ю-14; и железокобальтовые сплавы (К49Ф2; К50Ф2)-пермтендюр.

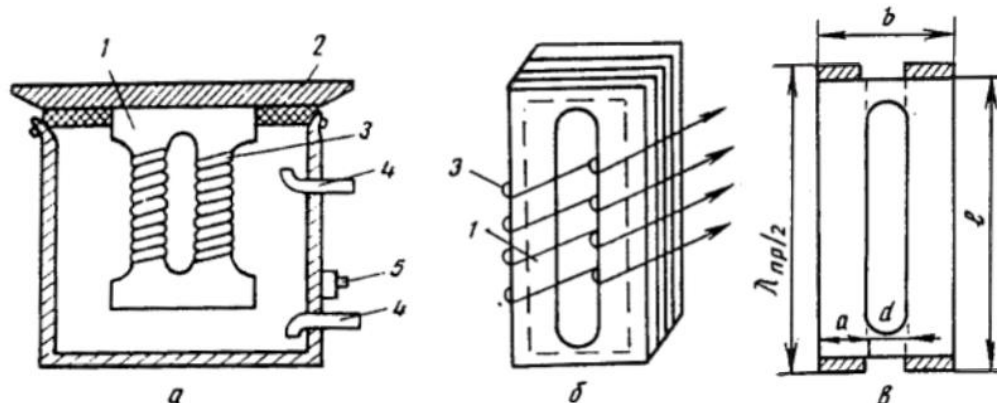


Рисунок 17. Схема магнитоэстроиционного преобразователя
а – схема установки, б – пакет пластин магнитоэстроиктора, в – пластина магнитоэстроиктора

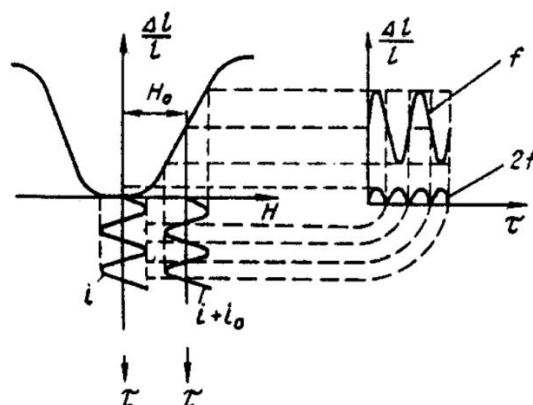


Рисунок 18. График изменения магнитоэстроиционной деформации

Так как частота колебаний сердечника магнитоэстроиционных преобразователей два раза выше чем у возбуждающего ЭМП (за каждый полупериод сердечник претерпевает удлинение и укорочение, поэтому чтобы предотвратить удвоение частоты и получить большие по величине деформации применяют подмагничивание постоянным током или постоянным магнитом).

Упрощенный расчет магнитоэстроиционного преобразователя выполняют в следующем порядке:

1. Выбирают удельную излучающую мощность P_v в зависимости от материала пластин для никеля $P_v=50 \cdot 10^4$ Вт/м², альфера $P_v=30-35 \cdot 10^4$ Вт/м²,

пермендюра $P_v=70-75 \cdot 10^4$ Вт/м². Расчетную схему смотри рисунок 17 (в).

2. В зависимости от технологического процесса по потребной интенсивности УЗ I определяют частоту f и амплитуду A

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho(1 + \epsilon/2l)}}; A = \sqrt{\frac{I}{\pi + Za}} = \sqrt{\frac{I}{\pi + \rho c}},$$

где $Za = \rho c$ - удельное акустическое сопротивление среды

3. Находят мощность, которую необходимо подвести к преобразователю, Вт
 S_u - площадь излучающей поверхности преобразователя, м²

$$P_v = P_v * S_u = \frac{I * S_u}{\eta a}$$

$\eta = 0,4-0,8$ -электроакустический КПД преобразователя.

4. Выбирают напряжение питания U_b обмотки возбуждения $U_b=200-400$ В.

5. Находят силу тока обмотки возбуждения, А

$$I_e = \frac{P_e}{U * \cos \phi},$$

где $\cos \phi = 0,5-0,7$ коэффициент мощности преобразователя

6. Вычисляют число витков обмотки:

$$n = \frac{U_e}{4.44 + B_c * S_c}$$

где B_c - магнитная индукция (находят по кривой намагничиваемости в зоне близкой к насыщению, Тл)

S_c - площадь поперечного сечения стержня, м²

7. Вычисляют силу тока подмагничивания, А

$$I_0 = \frac{H_0 * l_m}{n}$$

H_0 - напряженность МП подмагничивания определяют по кривой $\frac{\Delta l}{l} = f(H)$ при желаемой амплитуде

l_m - длина пути магнитного потока, м

8. Определяют суммарную силу тока в обмотке

$$I_{\Sigma} = \sqrt{I_p^2 + I_0^2}$$

9. Определяют площадь сечения провода обмотки, мм²

$$S_{np} = \frac{I_{\Sigma}}{j_{доп}}$$

$j_{доп}$ - допустимая плотность тока в проводе с учетом укладки и охлаждения обмотки преобразователя.

Площадь сечения провода выбирают ближайшей к расчетной стандартной.

Промышленность выпускает магнитострикционные преобразователи следующих типов: ПМС мощностью от 0,4 до 4 кВт при частоте 18-44 кГц; типа ПМ мощностью 1,6-4 кВт при частоте 18 кГц; типов МЭ, ЦМС и ПП мощностью 63-1600 Вт; ферритовые магнитострикционные преобразователи типов УЗДМ, 2С-25, 2С-44 мощностью 25...630 Вт. Интенсивность ультразвука от таких преобразователей достигает сотен киловатт на один квадратный метр при КПД $\eta = 50-65\%$.

Главный недостаток магнитострикционных преобразователей - низкий КПД и высокая стоимость активных материалов.

6.3. Пьезокерамические преобразователи

При сжатии и растяжении в определенных направлениях некоторых кристаллов на их поверхности появляются электрические заряды, обусловленные поляризацией. Это явление называется прямым пьезоэлектрическим эффектом, и используется в приемниках УЗ. Обратный эффект деформация кристаллов под действием электрического поля применяют в излучателях УЗ. Пьезокерамические преобразователи часто выполняют в виде изготовленной из пьезоэлектрического материала пластинки с нанесенными на нее грани электродами, к которым подводится переменное напряжение от генератора УЗ частоты. При изменении приложенного электрического поля пластинка изменяет толщину и излучает УЗ в окружающую среду.

Пьезоэлектрические материалы: кварц, сегнетовая соль, титанат бария, титанат-цирконат свинца $3\text{PbO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{ZrO}_2$, $\text{BaO} \cdot \text{TiO}_2$. пьезоэлектрические преобразователи способны работать при больших частотах (до десятков мГц) т.к. эти системы практически безинерционны и не связаны с потерями на гистерезис. Однако их мощность небольшая - не более сотен ватт из-за низкой механической прочности пьезоматериалов. Напряжение питания 50-400 В для пьезокерамики и 2-20 кВ для кварца, интенсивность УЗ достигает 100 кВт/м², или 10 Вт/см². ПЭП в основном применяются в измерительной и информационной технике. С повышением температуры пьезоэффект ослабевает, а при 537°С у кварца пьезоэффект пропадает.

Пьезоэлектрические преобразователи чаще всего имеют форму стержней или пластин, и они работают в узком диапазоне частот вблизи резонанса их механической системы.

Рабочую частоту преобразователя можно уменьшить частотно понижающими пассивными накладками. Обычно пьезокерамические пластины соединены отражающей 2 и излучающей 4 прокладками. К последней крепят волновод-инструмент. Питание к пластинам подают через токоподводы 3. элементы со-

единяют между собой болтом либо с помощью клея.

Оптимальная частота преобразователя определяется по формуле:

$$f = \frac{k}{d},$$

где k – постоянная излучения зависящая от материала, кварц – 2280, сегнетовая соль – 1540, титанат бария – 2200 Гц; d – толщина пьезопластины, м.

$$I = \frac{K_n \times f^2 \times U^2}{\rho \times c}$$

I – интенсивность УЗ колебаний генерируемых пьезоэлектрическим преобразователем, Вт/м²;

U – напряжение возбуждения;

$\rho \times c$ – акустическое сопротивление среды Нс/м³;

K_n – коэффициент, зависящий от вида материала: кварц, соль, титанат бария – соответственно $1,44 \times 10^{-8}$; $5,4 \times 10^{-6}$; $1,44 \times 10^{-6}$ Вт*Н*с³/В²*м³

Мощность потребляемая пьезокерамического преобразователем, Вт:

$$P_s = \frac{P_a}{\eta_a} = \frac{I \times S}{\eta_a},$$

где S – площадь излучающей поверхности, м²;

η_a – КПД кварца 0,6-0,8

ВаО·TiO₂ – 0,5...0,7

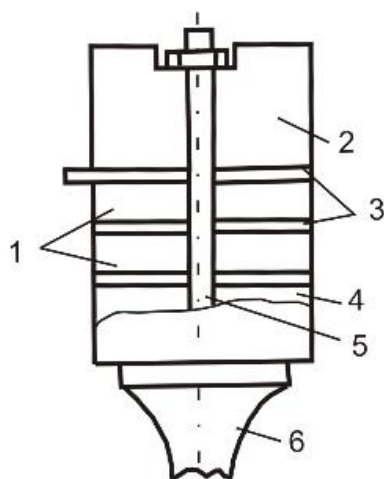


Рисунок 19. Пакетный пьезокерамический преобразователь с пассивными накладками:

1 – пьезокерамические пластины; 2 и 4 – отражающая и излучающая накладки;

3 – токоподвод; 5 – стягивающий болт; 6 – волновод-инструмент.

Акустические трансформаторы и ультразвуковой генератор

Акустические трансформаторы – это стержни разнообразной формы предназначенные для усиления колебаний магнитострикторного преобразователя (трансформаторы скорости) и для согласования механического сопротивления технологической нагрузки с сопротивлением пакета преобразователя. Трансформаторы скорости еще называют концентраторами. Они представляют собой стержень, присоединяемый к пакету преобразователя более широким торцом. Меньший торец подводит УЗ колебания к технологической среде, благодаря этому энергия ультразвука может усиливаться в 10-15 раз. УЗГ бывают ламповые, тиристорные и транзисторные. Примеры марок ультразвуковых генераторов: УЗГ1-0,04/22 выходная мощность 0,04 кВт, частота 22кГц, УЗГ1-0,1/18 выходная мощность 0,1 кВт, частота 18 кГц, УЗГ 10-1,6/18 выходная мощность 1,6 кВт, частота 18 кГц.

6.4 Области применения ультразвука

Мощные ультразвуковые колебания находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. В настоящее время в промышленности используются ультразвуковая очистка и обезжиривание различных изделий. Ультразвук применяется для получения высокодисперсных эмульсий, диспергирования твердых тел в жидкости, коагуляции аэрозолей и гидрозололей, дегазации жидкостей и расплавов. Установлено влияние мощных ультразвуковых колебаний на структуру и механические свойства кристаллизующегося расплава.

Ультразвуковые колебания позволяют снимать остаточные напряжения в сварных швах, полученных при дуговой сварке. Обнаружено весьма эффективное воздействие ультразвука на интенсивность полимеризации клеев. Широко внедрена в промышленность обработка твердых и сверхтвердых материалов.

Одним из интересных и перспективных промышленных применений ультразвука является ультразвуковая сварка (УЗС). Этот способ сварки характеризуется весьма ценными технологическими свойствами: возможностью соединения металлов без снятия поверхностных пленок и расплавления, особенно хорошей свариваемостью чистого и сверхчистого алюминия, меди, серебра, молибдена, титана, тантала; возможностью соединения тончайших металлических фольг со стеклом и керамикой.

Из существующих методов ни один не подходит для сварки разнородных металлов или для приваривания к толстым деталям тонких пластин. В этом случае УЗ-вая сварка незаменима. Ее иногда называют холодной, потому что детали соединяются в холодном состоянии, но окончательного представления о механизме образования соединений при УЗ-вой сварке нет. В процессе сварки после ввода ультразвуковых колебаний между свариваемыми пластинами образуется слой высокопластичного металла, при этом пластины очень легко поворачиваются вокруг вертикальной оси на любой угол. Но как только ультразвуковое излучение прекращают, происходит мгновенное «схватывание» пластин.

Ультразвуковая сварка происходит при температуре значительно меньшей температуры плавления, поэтому соединение деталей происходит в твер-

дом состояния. Наилучшие результаты получаются при сварке тонколистовых разнородных металлов и приварке к толстым деталям тонких листов. При УЗ-вой сварке минимально изменяются свойства металла в зоне сварки. Требования к качеству подготовки поверхности значительно ниже, чем при других методах сварки.

Ультразвуком сваривается большинство известных термопластичных полимеров. Ультразвуковая сварка пластмасс тем более ценна, что для ряда полимеров она является единственно возможным надежным способом соединения. Полистирол один из наиболее распространенных полимеров для изготовления различных изделий крупносерийного производства наиболее рационально сваривать ультразвуком. Особое внимание исследователей привлекла возможность внедрения УЗС при производстве изделий микроэлектроники.

6.4.1. Применение ультразвукового трансформатора

- 1) В ремонтном производстве: мойка деталей, дефектация, пайка, наплавка.
- 2) Информационно-измерительных приборах (влагомеры, измерители белка и жира в молоке, супоросности свиней и т.д.).

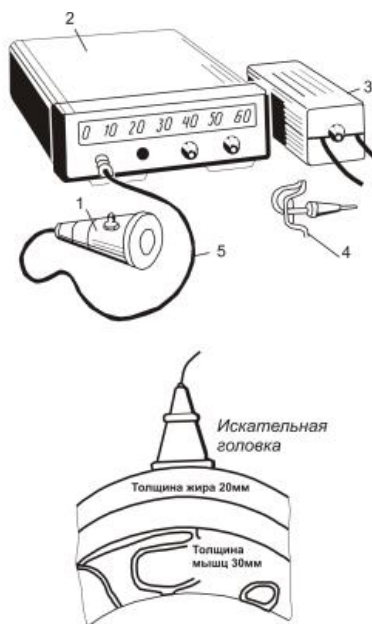


Рисунок 20. Ультразвуковой диагностический прибор ПУДС:

а – общий вид; б – характер индикации показаний при определении толщины мягких тканей; 1 – пьезоэлектрический преобразователь; 2 – электрический блок; 3 – зарядное устройство; 4 – щуп (акустическая нагрузка); 5 – гибкий кабель.

Слабые УЗ колебания применяют в измерительной технике и дефектоскопии УЗ распространяется узким пучком и отражается от границы раздела фаз, что позволяет определить координаты и размеры дефектов в детали или толщину жира и мышц животного. Для определения толщины жира в с/х производстве используют приборы «Супор - 314», ПУДС и УТ –40 СЦП.

Средние УЗ колебания. Удельная мощность 1-12 кВт/м² используют для отпугивания грызунов, терапии глаз, лечение костных повреждений и фурункулеза. Для этой цели используют аппараты УРСК-7Н, УСТ-1, ВУТ-1 и другие

Мощные УЗ колебания – мойка деталей, пайка, сварка, размерная обработка деталей. В основе мойки и чистки – кавитация (частота 20-25 кГц) для сложных и мелких 200-1600 кГц, интенсивность ультразвука 5-10×10⁴ Вт/м².

Ультразвуковая очистка

Качество УЗ очистки несравнимо с другими способами. Например, при полоскании деталей на их поверхности остается до 80% загрязнений, при вибрационной очистке – около 55%, при ручной – около 20%, а при ультразвуковой – не более 0,5%. Кроме того, детали, имеющие сложную форму, труднодоступные места, хорошо можно очистить только с помощью ультразвука. Особое преимущество УЗ-вой очистки заключается в ее высокой производительности при малой затрате физического труда, возможности замены огнеопасных или дорогостоящих органических растворителей безопасными и дешевыми водными растворами щелочей, жидким фреоном и др.

Ультразвуковая очистка – сложный процесс, сочетающий местную кавитацию с действием больших ускорений в очищающей жидкости, что приводит к разрушению загрязнений. Если загрязненную деталь поместить в жидкость и облучить ультразвуком, то под действием ударной волны кавитационных пузырьков поверхность детали очищается от грязи.

Серьезной проблемой является борьба с загрязнением воздуха пылью, дымом, копотью, окислами металлов и т.д. Ультразвуковой метод очистки газа и воздуха может применяться в существующих газоотводах независимо от температуры и влажности среды. Если поместить УЗ-вой излучатель в пылесосную камеру, то эффективность ее действия возрастает в сотни раз. В чем сущность УЗ-вой очистки воздуха? Пылинки, которые беспорядочно движутся в воздухе, под действием ультразвуковых колебаний чаще и сильнее ударяются друг о друга. При этом они слипаются и размер их увеличивается. Процесс укрупнения частиц называется коагуляцией. В дальнейшем укрупненные улавливаются и утяжеленные частицы специальными фильтрами.

6.4.2 Ультразвуковая пайка и лужение

В промышленности все большее значение приобретает ультразвуковая пайка и лужение алюминия, нержавеющей стали и других материалов. Трудность пайки алюминия состоит в том, что его поверхность всегда покрыта тугоплавкой пленкой окиси алюминия, которая образуется практически мгновенно при соприкосновении металла с кислородом воздуха. Эта пленка препятствует соприкосновению расплавленного припоя с поверхностью алюминия.

В настоящее время одним из эффективных методов пайки алюминия является ультразвуковой, пайка с применением ультразвука производится без флюса. Введение механических колебаний ультразвуковой частоты в расплав-

ленный припой в процессе пайки способствует механическому разрушению окисной пленки и облегчает смачивание припоем поверхности.

Принцип ультразвуковой пайки алюминия заключается в следующем. Между паяльником и деталью создается слой жидкого расплавленного припоя. Под действием ультразвуковых колебаний в припое возникает кавитация, разрушающая оксидную пленку. Перед пайкой детали нагревают до температуры, превышающей температуру плавления припоя. Большим преимуществом метода является то, что его можно с успехом применять для пайки керамики и стекла.

Ускорение производственных процессов с помощью ультразвука.

* Применение ультразвука позволяет значительно ускорить смешивание различных жидкостей и получить устойчивые эмульсии (даже таких как вода и ртуть).

* Воздействуя ультразвуковыми колебаниями большой интенсивности на жидкости, можно получать тонкодисперсные аэрозоли высокой плотности.

* Сравнительно недавно начали применять ультразвук для пропитки электротехнических намоточных изделий. Применение ультразвука позволяет сократить время пропитки в 3,5 раза и заменить 2-3 кратную пропитку одноразовой.

* Под действием ультразвука значительно ускоряется процесс гальванического осаждения металлов и сплавов.

* Если в расплавленный металл вводить ультразвуковые колебания, заметно измельчается зерно, уменьшается пористость.

* Ультразвук применяется при обработке металлов и сплавов в твердом состоянии, что приводит к «разрыхлению» структуры и к искусственному их старению.

* Ультразвук при прессовании металлических порошков обеспечивает получение прессованных изделий более высокой плотности и стабильности размеров.

Детали сжимают, прикладывая небольшое усилие и под действием преобразователя приводят в колебание одну деталь относительно другой с частотой ультразвука. Сварка может быть плоскостной или точечной, на границе трения образуются общие кристаллы металла связывающие свариваемые элементы. Сварка – холодная т.к. нагрев небольшой.

6.4.3 Механическая обработка сверхтвердых и хрупких материалов

Если между рабочей поверхностью УЗ-вого инструмента и обрабатываемой деталью ввести абразивный материал, то при работе излучателя частицы абразива будут воздействовать на поверхность детали. Материал разрушается и удаляется при обработке под действием большого числа направленных микроударов (рисунок 21).

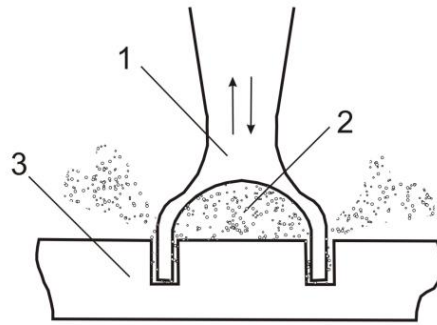


Рисунок 21. Ультразвуковая обработка материалов

1 –ультразвуковой инструмент; 2 –абразивные зерна; 3 –обрабатываемая деталь.

Кинематика ультразвуковой обработки складывается из главного движения – резания, т.е. продольных колебаний инструмента, и вспомогательного движения – движения подачи. Продольные колебания являются источником энергии абразивных зерен, которые и производят разрушение обрабатываемого материала. Вспомогательное движение – движение подачи – может быть продольным, поперечным и круговым. Ультразвуковая обработка обеспечивает большую точность – от 50 до 1 мк в зависимости от зернистости абразива. Применяя инструменты различной формы можно выполнять не только отверстия, но и сложные вырезы. Кроме того, можно вырезать криволинейные оси, изготавливать матрицы, шлифовать, гравировать и даже сверлить алмаз. Материалы, используемые в качестве абразива – алмаз, корунд, кремний, кварцевый песок.

Размерная обработка УЗ. Основана на том, что в пространство между обрабатываемой деталью и УЗ инструментом колеблющимся с частотой 18-45 кГц и амплитудой 10-15 мкм подают зерна мелкого абразива взвешенные в воде инструмент ударяет по зернам откалывает от детали микрочастицы. Так обрабатывают и сверлят хрупкие материалы (например стекло).

Смешивание не смешиваемых жидкостей – эмульсия 70% нефти + 30% воды такая эмульсия обеспечивает лучшее и более полное сгорание топлива и уменьшает количество токсичных выбросов при работе двигателей внутреннего сгорания.

6.4.4 Ультразвуковая дефектоскопия

Ультразвуковая дефектоскопия – один из методов неразрушающего контроля. Свойство УЗ распространяться в однородной среде направленно и без существенных затуханий, а на границе раздела двух сред (например, металл – воздух) почти полностью отражаться, позволило применить УЗ-вые колебания для выявления дефектов (раковины, трещины, расслоения и т.п.) в металлических деталях без их разрушения.

При помощи УЗ можно проверять детали больших размеров, так как глубина проникновения УЗ в металл достигает 8 - 10 м. Кроме того, ультразвуком можно обнаружить очень мелкие дефекты (до 10 – 6 мкм).

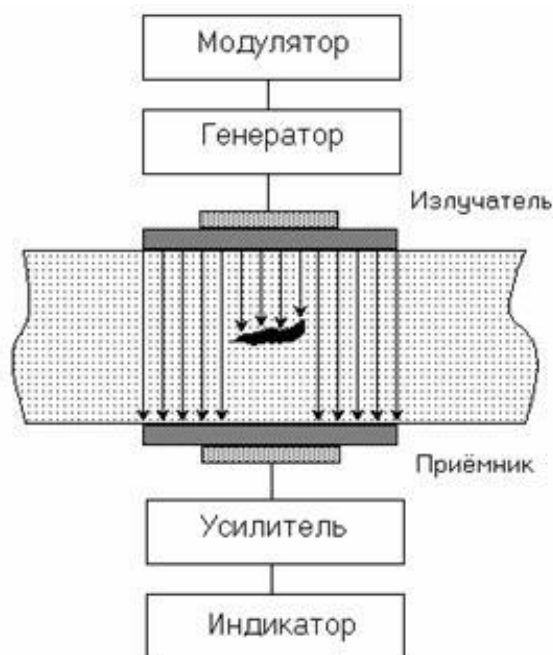


Рисунок 22. Схема ультразвукового дефектоскопа. Теневого метода ультразвуковой дефектоскопии.

Ультразвуковые дефектоскопы позволяют выявлять не только образовавшиеся дефекты, но и определять момент повышенной усталости металла.

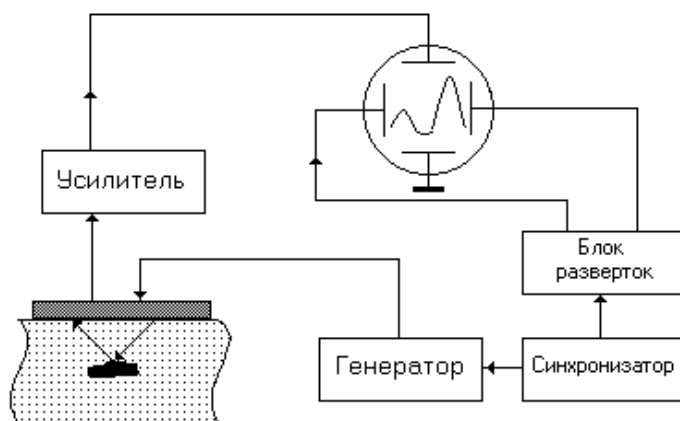


Рисунок 23. Схема импульсного метода ультразвуковой дефектоскопии

Импульсный метод УЗ-вой дефектоскопии основан на явлении отражения ультразвуковых волн. Принцип действия импульсного дефектоскопа показан на рисунок 23. Высокочастотный генератор вырабатывает кратковременные импульсы. Посланный излучателем импульс, отразившись, возвращается обратно к преобразователю, который в это время работает на прием. С преобразователя сигнал поступает на усилитель, а затем на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки. Для получения на экране трубки изображения зондирующих и отраженных импульсов предусмотрен генератор развертки. Работой высокочастотного генератора управляет синхронизатор, который с определенной частотой формирует высокочастотные импульсы. Частота посылки импульсов может

изменяться с таким расчетом, чтобы отраженный импульс приходил к преобразователю раньше посылки следующего импульса.

Импульсный метод позволяет исследовать изделия при одностороннем доступе к ним. Метод обладает повышенной чувствительностью, отражение даже 1% УЗ-вой энергии будет замечено. Преимущество импульсного метода состоит еще и в том, что он позволяет определить на какой глубине находится дефект.

6.4.5 Ультразвук в медицине

Применение УЗ для активного воздействия на живой организм в медицине основывается на эффектах, возникающих в биологических тканях при прохождении через них УЗ-вых волн. Колебания частиц среды в волне вызывают своеобразный микромассаж тканей, поглощение УЗ – локальное нагревание их. Одновременно под действием УЗ происходят физико-химические превращения в биологических средах. При умеренной интенсивности звука эти явления не вызывают необратимых повреждений, а лишь улучшают обмен веществ и, следовательно, способствуют жизнедеятельности организма. Эти явления находят применение в УЗ-вой терапии (интенсивность УЗ до 1 Вт/см²). При больших интенсивностях сильное нагревание и кавитация вызывают разрушение тканей. Этот эффект находит применение в УЗ-вой хирургии. Для хирургических операций используют фокусированный УЗ, который позволяет производить локальные разрушения в глубинных структурах, например мозга, без повреждения окружающих тканей (интенсивность УЗ достигает сотен и даже тысяч Вт/см²). В хирургии применяют также УЗ-вые инструменты, рабочий конец которых имеет вид скальпеля, пилки, иглы и т.п. Наложение УЗ-вых колебаний на такие, обычные для хирургии, инструменты придает им новые качества, существенно снижая требуемое усилие и, следовательно, травматизм операции; кроме того, проявляется кровоостанавливающий и обезболивающий эффект. Контактное воздействие тупым УЗ-вым инструментом применяется для разрушения некоторых новообразований.

Воздействие мощного УЗ на биологические ткани применяется для разрушения микроорганизмов в процессах стерилизации медицинских инструментов и лекарственных веществ.

УЗ нашел применение в зубоврачебной практике для снятия зубного камня. Он позволяет безболезненно, бескровно, быстро удалять зубной камень и налет с зубов. При этом не травмируется слизистая полость рта и обеззараживаются «карманы» полости, а пациент вместо боли испытывает ощущение теплоты.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение ультразвука. Приведите классификацию механических колебаний среды в зависимости от частоты?
2. Что включает в себя понятие УЗ волны?
3. Чем характеризуется коэффициент отражения УЗ волны?
4. Какими первичными эффектами характеризуется воздействие на среду УЗ волны?
5. Какие виды преобразователей в УЗ вы знаете?
6. Что положено в основу работы магнитострикторов?
7. Какие материалы применяются для изготовления магнитострикторов?
8. Приведите пример расчета магнитострикционного преобразователя?
9. Какие виды магнитострикционных преобразователей вы знаете?
10. В чем принцип действия пьезоэлектрического преобразователя?
11. Какие виды материалов применяют в пьезоэлектрических преобразователях?
12. Область применения пьезокерамических преобразователей?
13. Перечислите область применения ультразвука?
14. В чем принципиальная особенность УЗ сварки и где она применяется?
15. В каких целях применяются слабые УЗ колебания?
16. В каких целях используют средние УЗ колебания?
17. Области применения мощных УЗ колебаний?
18. В чем принципиальная причина эффективности УЗ очистки деталей?
19. Область применения УЗ пайки и лужения и в чем суть их эффективности?
20. Как производится размерная обработка сверхтвердых и хрупких материалов с помощью УЗ?
21. Где применяют эмульсии не смешиваемых жидкостей?
22. Неразрушающий УЗ контроль материалов и деталей. Объясните основные принципы процесса контроля.
23. Где и как применяются УЗ в медицине?

7. Магнитная обработка материалов

Магнитное поле - одна из составляющих электромагнитного поля, оказывающее определенное физико-химическое и биологическое воздействие на объекты живой природы.

Физико-химическое воздействие - деформация материалов, перемещение в пространстве, изменение физико-химических свойств среды и т.д

Биовоздействие обусловлено тем, что Земля- естественный магнит. Значение вертикальной составляющей магнитного поля у экватора = 0, а у магнитных полюсов 53 А/м. Горизонтальная составляющая у Москвы ~32 А/м и все эти величины оказывают влияние на формирование и функционирование биообъектов. Искусственное изменение составляющих магнитного поля вызывают различные изменения в биообъектах, последствия которых никем не изучены и могут оказаться весьма неблагоприятными.

7.1. Магнитная очистка семян

Установки очень просты, основаны на использовании шероховатости поверхности большинства сорняков (повилиха, плевел, подорожник, василек, горох разный) от семян клевера, люцерны льна и других имеющих гладкую поверхность.

Принцип очистки состоит в предварительной обработке семян магнитным порошком (окислы железа) с последующей магнитным разделением компонентов. Порошок прилипает к шероховатым поверхностям.

Очистительные машины ЭМС- 1А, К590А лаб К295, СМЦ-0,4.

Для этой установки находим силу удерживающую семена на барабане:

$$F_m \geq F_u + P \cdot \cos \beta, \text{ где}$$

F_m – сила МП напряженностью H , А/м;

$$F_u = \frac{mv^2}{R_б}$$

F_u – центробежная сила;

$R_б$ – радиус барабана;

$P = mg$ – сила тяжести;

β – угол между P и F_u ;

m_n – масса порошка на семени;

l – расстояние от центра семени до магнитного сектора;

χ – магнитная восприимчивость порошка окалины.

$$F_m = \mu_0 \cdot \chi \cdot m_n \cdot v \cdot H \cdot \text{grad}H, \text{ где}$$

μ_0 – магнитная постоянная;

B – магнитная индукция, Тл;

L – активная длина магнитного сектора.

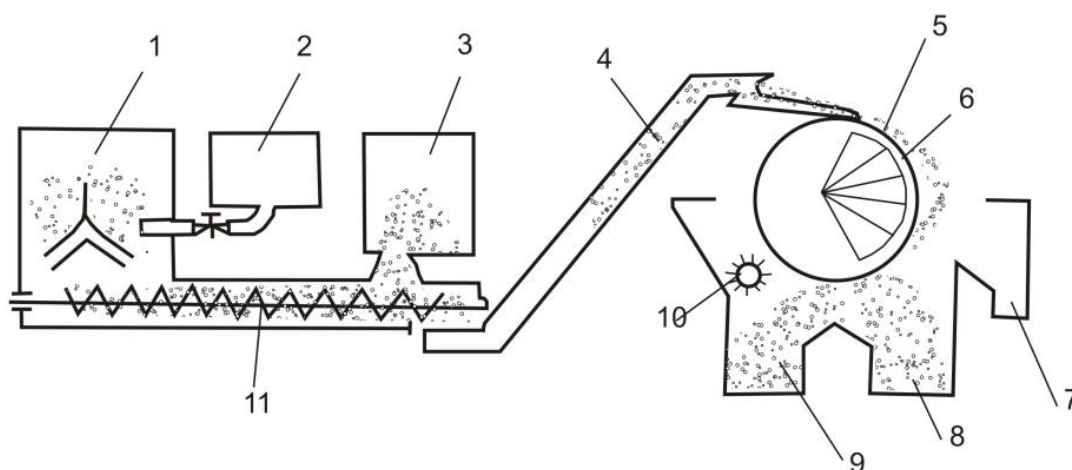


Рисунок 24. Установка магнитной очистки семян:

а – технологическая схема; б – схема сил, действующих на семя в магнитном поле; 1,2 и 3 – бункера для зерновой смеси, воды (или масла) и магнитного порошка; 4 – подающий транспортер; 5 – барабан; 6 – магнитный сектор; 7 – кассета для избыточной воды и крупных предметов; 8 – кассета для очищенных семян; 9 – кассета для семян сорных растений и магнитного порошка; 10 – чистик; 11 – транспортер-смеситель.

$$\text{grad}H = \frac{H}{l} ;$$

$$\Phi_e = B \cdot S = \mu_0 \cdot H_0 \cdot \pi \cdot L \cdot R_c \cdot \frac{\alpha}{180^\circ} ,$$

$$S = \pi L R_c \frac{\alpha}{180^\circ} ,$$

где S – площадь сечения магнитного сектора;

R_c - радиус магнитного сектора.

$$B = \mu H_0 ,$$

$$H = \sqrt{\frac{(g \cdot \cos \beta + V^2)}{y} \cdot k \cdot \mu_0 \cdot l \cdot v} ,$$

$$k = \frac{m_n}{n} ,$$

Φ_e – определение необходимого магнитного потока для удержания частиц с порошком.

$$F_{HK} = H_c \cdot R_c + K_p \cdot \frac{B \cdot l}{\mu_0} ,$$

где F_{HK} – сила намагничивающей катушки;

K_p – коэффициент рассеяния МДС – магнитодвижущая сила,
 $K_p \geq 1,05 \div 2,5$.

Диаметр сердечника катушки $d = 1,13\sqrt{S}$.

Определение длины обмотанного провода, м:

$$\ln p = n \cdot \pi \cdot d_{\text{об}},$$

d – диаметр жилы обмотанного провода;

h – высота катушки,

$$d_{cp} = d + \frac{h}{2} \text{ - средний диаметр катушки.}$$

Определение числа витков катушки намагничивания

$$n = \frac{F_H \cdot K}{I} = \frac{4F_{HK}}{\pi d^2 \cdot i_{\text{дон}}}.$$

Активное сопротивление катушки в рабочем состоянии:

$$R = \rho_{20} \left[\frac{4l_{np}}{\pi d^2 (1 + \alpha_t (t - 20^0))} \right],$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление провода, Ом\м;

α_t – температурный коэффициент сопротивления провода.

Напряжение на зажимах катушки:

$$U_{HK} = RI = \frac{R\pi d^2}{4} \cdot i_{\text{дон}}.$$

Применение магнитной обработки:

1. магнитно-импульсная обработка металлов.
2. для очистки кормов от металлических предметов, попадающих в процессе обработки кормов.
3. установки магнитной обработки воды. Обработанная вода оказывает положительное биологическое действие, полив растений омагниченной водой повышает урожайность и ускоряет рост и развитие растений.
4. Омагниченная вода в двигателях и паровых котлах уменьшает накипобразование, т.к. соли в омагниченной воде теряют способность образовывать крупные кристаллы.
5. Омагниченная вода применяется также для стимуляции различных биологических процессов.

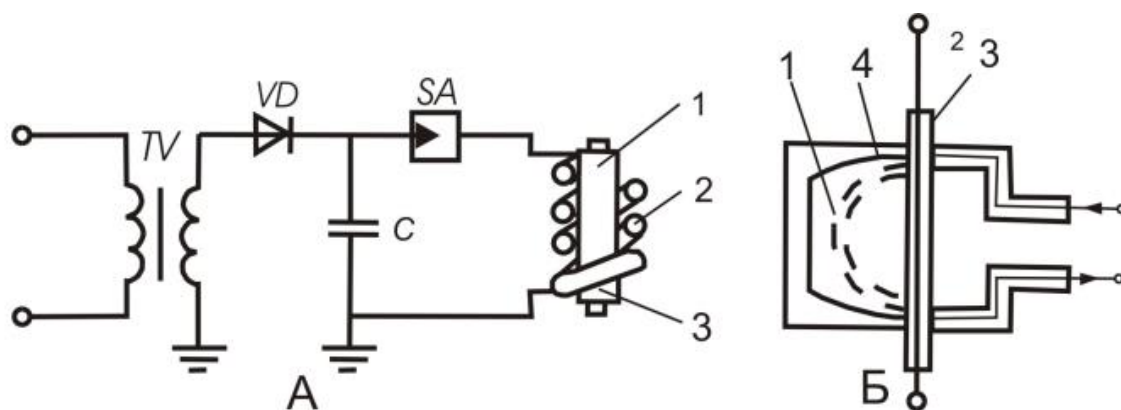


Рисунок 25. Схемы установок для магнитно-импульсной обработки:
 а – индуктивно-импульсной; б – электродинамической; 1 и 3 – заготовка исходная и после деформации; 2 – индикатор; 4 - матрица; TV – повышающий трансформатор; VD – высоковольтный выпрямитель; SA – устройство коммутации; C – конденсаторная батарея (накопитель).

7.2 Термолиз дрожжей в магнитном поле

Слабое магнитное поле ускоряет развитие живых организмов, а сильное вызывает гибель. На этом основан термолиз дрожжей, целью которого является прекращение деятельности дрожжевых клеток. Термолиз довольно энергоемкий процесс, для которого дрожжевую суспензию необходимо нагревать до 80 °С и выдерживать 10 мин. На термолиз 1т дрожжей необходимо затратить 430 кВт/ч, а на 1т суспензии 43 кВт/ч. Благодаря применению термолиза дрожжей в магнитном поле расход электрической энергии удастся снизить до 4-6 кВт/ч на 1т суспензии или до 40-60 кВт/ч на 1т сухих дрожжей.

Стерилизация питательных растворов в магнитном поле.

Импульсное магнитное поле $H = 1,8 \cdot 10^7$ А/м можно использовать для стерилизации дрожжевых растворов, в частности содержащих кишечную палочку, при этом достигается 100% стерилизация при затратах электрической энергии 6 кВт/ч на тонну раствора. Для сравнения: затраты электрической энергии при инфракрасной стерилизации 1т молока – 18 кВт/ч, но при этом не достигается 100% стерилизации.

Электростерелизация воздуха.

При аэрации воздухом дрожжевой суспензии в чаны попадает посторонняя микрофлора, которая, развиваясь в ней тормозит процесс дрожжевания, снижает качество продукции. Для борьбы с инфекцией периодически один раз в 7-10 дней подсевают дрожжи чистой культуры, заменяют культурную среду, промывают чаны дезинфекционными растворами. Электростерелизация воздуха обеспечивает стерильность процесса аэрации дрожжевания и избавляет от необходимости проведения пересевов, благодаря чему повышается производительность и снижаются затраты на технологический процесс дрожжевания.

Контрольные вопросы

1. Какое воздействие магнитное поле оказывает на ферромагнитные материалы? На биологические объекты?
2. Как производится процесс сепарации семян в магнитном поле?
3. В чем сущность магнитно-импульсной обработки металлов? Приведите схемы установок магнитно-импульсной обработки и объясните принцип их действия.
4. “Омагничивание” воды в чем сущность процесса и как изменяются свойства воды? Области применения “омагниченной” воды?
5. Как изменяются суточные циклы живых организмов помещенных в магнитную камеру с измененным магнитным полем?
6. Как влияет магнитотерапия на заживление и срастание костей? Противовоспалительное и обезболивающие действия магнитных полей?
7. Как влияет магнитное поле на термолиз дрожжей?

8. Типы тепличных облучательных установок

Облучательные установки используемые в овощеводстве по конструктивным признакам делятся на стационарные и передвижные. Стационарные облучательные установки (ОБУ) как правило работают с ГРЛВД высокой единичной мощности 400-600-1000-2500 Вт. Обслуживание их требует меньших трудозатрат, но больше установленной мощности, что повышает капитальные затраты. Передвижные ОБУ при прочих равных условиях позволяют снижать установленную мощность в 2 раза, при той же облученности и тех же затратах электроэнергии, т.к. в разное время суток могут работать на разных участках. Передвижные облучательные установки чаще всего бывают с линейными источниками излучения. Правда, по конструкции эти установки сложнее и дороже, поэтому широкого развития не получили. Работы над ними велись во Владикавказе в НИИ Горского сельхозинститута.

Важнейшие требования к облучательным установкам:

1. спектральный состав излучения должен быть благоприятный для фотосинтеза и не содержать излучений угнетающих растения;
2. облученность должна распределяться равномерно по растениям и быть достаточной для фотосинтеза;
3. установка не должна перегревать растения и мешать уходу за ними;
4. применение ОБУ должно быть рентабельным
5. устройство и эксплуатация ОБУ должны соответствовать требованиям электроустройств работающих в особо опасных условиях.

8.1 Расчет стационарных облучательных установок

Высота подвеса не зависит от типа источника излучения и выбирается так, чтобы обеспечить заданный уровень облученности, но при этом следует не

перегреть растения $H_p = \sqrt{\frac{I_0}{E_{\min}}}$. Расчет ОБУ следует вести по минимальной об-

лученности причем минимальный коэффициент облученности $z = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \geq 0.8$
минимум облученности для томатов $E_{\min}=7500$ лк или $E_{\phi}=10$ фит/м² для огурцов $E_{\min}=6500$ лк или $E_p=8,5$ фит/м².

Расчет ОБУ выполняется в следующем порядке:

1. выбирают светильник – облучатель и источник света исходя из условий помещения и спектрального состава излучения. В паспорте облучателя указывают тип КСС или приводится кривая силы света; в виде графика;

2. определяют высоту подвеса $H_p = \sqrt{\frac{I_0}{E_{\min}}}$;

3. пользуясь типовой КСС или графиком КСС приведенной в паспорте строим кривую облученности $H_p = const$ $E=f(r)$. Рассчитываем по формуле облученность $E=(I_\alpha * \cos^3 \alpha)/H_p^2$; $r=H_p * \operatorname{tg} \alpha$.

4. На кривой находим точки $E_A=0,8E_{\min}$ $E_B=0,8/2 E_{\min}$ $E_C=0,8/4 E_{\min}$ и опускаем перпендикуляры из точек А, В и С на ось абсцисс и таким образом находим r_A, r_B, r_C соответствующие расстояниям от светильника до этих точек. В точке А облученность $0,8E_{\min}$ обеспечивает один облучатель в т. В $\frac{0.8}{2} * E_{\min} * 2 = 0.8 * E_{\min}$ облученность обеспечивают два облучателя в т. С $0,4E_{\min}$ обеспечивают четыре облучателя.

5. Строим расчетную модель для определения расстояния между облучателями

из треугольника O_2AB $O_2B = \sqrt{O_2A^2 - O_2B^2} = \sqrt{r_B^2 - r_A^2}$, но $AB = \frac{1}{2} L_2$ отсюда $L_2 = 2\sqrt{r_B^2 - r_A^2}$

из треугольника O_2DC $O_2D = \sqrt{O_2C^2 - CD^2}$, но $CD = AB \frac{1}{2} L_2$, тогда $O_2D = \sqrt{r_C^2 - r_B^2 + r_A^2}$ но $O_2D = \frac{1}{2} L_1$, отсюда $L_1 = 2\sqrt{r_C^2 - r_B^2 + r_A^2}$

$$N_A = \frac{A - 2r_A}{L_A} + 1$$

6. Определяем количество облучателей вдоль участка

7. Определяем количество облучателей поперек участка

$$N_B = \frac{B - 2r_A}{L_B} + 1$$

8. Определяем количество облучателей на участке $N_\Sigma = N_A - N_B$

9. Определяем установленную мощность на площадке $P_\Sigma = N_\Sigma * P_\lambda$

8.2 Расчет облучательных установок с линейными источниками излучения

Среднюю фитооблученность $E_{ф.ср.}$ под установкой с люминесцентными лампами, смонтированными в рамках-кассетах, определяют по приближенной формуле:

$$E_{ф.ср.} = \frac{(n - 1) \Phi_\lambda \eta_{исп} K_\phi}{l L K_3},$$

где $E_{ф.ср.}$ - средняя облученность расчетной поверхности под облучательной установкой, фит/м²; n - количество ламп на один метр длины рамки-кассеты, шт•м⁻¹; Φ_λ - световой поток одной лампы, лм; l, L - ширина и длина рамки-кассеты, м; $K_3 = 1, 2, \dots, 1, 3$ - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока при старении ламп;

K_ϕ - коэффициент перевода светового потока в фитопоток, фит•лм⁻¹; $\eta_{исп}$ - коэффициент использования светового потока.

Выражение может быть записано в виде:

$$E_{\phi} = \mu e_{\phi}$$

где μ - постоянная, зависящая от каталожных данных облучателя; $e_{\phi} = (n-1)\eta_{исп}$ - относительная облученность, зависящая от высоты H_p (рисунок 28) при заданной длине рамки-кассеты.

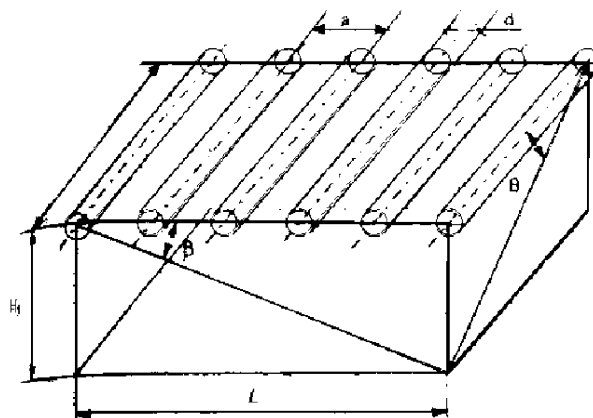


Рисунок 26. К определению облученности под рамкой-кассетой.

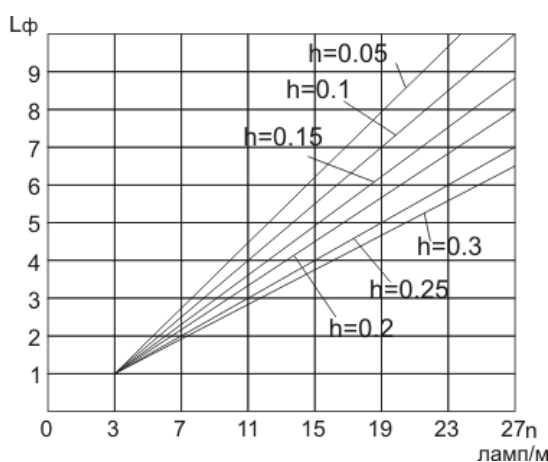


Рисунок 27. Зависимость относительной облученности от числа ламп в рамке-кассете.

1. Определяют постоянную

$$\mu = \frac{\Phi_n K_{\phi}}{IL}$$

1. Относительная облученность

$$e_{\phi} = \frac{E_{\phi}}{\mu}$$

2. По графику (рисунок 27) для заданной высоты $H_p = h$ определяют требуемое количество ламп.

8.3 Новейшие тепличные источники излучения

Земля получает от Солнца поток энергии мощностью $1,4 \cdot 10^{14}$ кВт, а облученность площадки перпендикулярной лучам Солнца в летнее время превышает 1000Вт/м^2

Около 60% этой энергии поглощенной землей вызывает круговорот воды в природе, 30% аккумулируется в нагретой поверхности Земли и в течении суток рассеивается в мировом пространстве. Только около 0,003% ($4,2 \cdot 10^2 \text{кВт}$) от поступившей энергии используется растениями для восстановления 175 млрд.т. углерода из углекислоты воздуха для обеспечения всего живого кислородом и продуктами питания. Очевидно, что биологическая жизнь на Земле тесно связана с количеством преобразованной энергии оптических излучений Солнца. Сейчас человечество научилось искусственно воспроизводить отдельные участки солнечного спектра. КПД синтеза с искусственными источниками уже достигает 2%. Искусственный ультрафиолет стимулирует жизненные процессы человека и животных, помогая избавиться от многочисленных болезней. Кванты их излучения неперенное условие биохимических реакций. В природе ОИ комплексно действует на живые организмы, являясь не только энергетической базой строительства клеток, но и регулируют процессы роста и развития организмов.

Основные составляющие Солнечного спектра:

Синий – 400 - 500 нм – 33%; зеленый 500- 600 нм – 34%; красный – 600 – 700 нм – 33% .

Натриевые лампы фирмы Sylvania ФРГ SHP – TS600W имеют спектр: синий 400 – 500 нм – 8%; зеленый 500 – 600 нм – 65%; красный 600 – 700 нм – 27%, характеристика лампы SHP – TS600W: мощность – 600В; рабочее напряжение – 95 – 125В; срок службы – 30000 час; световой поток – 90 клм; цветовая температура 2050 К.

Отечественные натриевые лампы типа ДНаЗ или Reflux, изготавливаемые совместным предприятием с фирмой Osram имеют схожие технические характеристики.

Значительно ближе к солнечному спектру получается облучение от установки, состоящей из 50% натриевых ламп SHP – TS 600W и 50% ламп ДРИ HSI – TS * 400 W/4к фирмы Britelux Sylvania (ФРГ). Характеристика ламп HSI – TS 400W/4к: световой поток 40клм, мощность 400Вт, срок службы 14000час. Снижение потока в конце службы не более 10% цветовая температура 4200К. Для облучения растений фирмы Sylvania и Osram (ФРГ) выпускают специальные лампы с улучшенным спектром для растений. Специальные лампы для облучения растений в теплицах.

Ниже приведена таблица с характеристиками новейших тепличных излучателей применяемых при тепличном выращивании овощей – огурцов и помидоров.

Таблица 2

Характеристики новейших тепличных излучателей

Фирма Sylvania		Фирма Osram		ДнаЗ или Reflux 400	
SHP 600W Grolux	SHP 400W Grolux	Planta star 600W	Planta star 400W		
Мощность, Вт	615	425	645	450	400
Рабочее напряжение, В	40 – 145	105 – 135	110	100	130
Срок службы, ч	24000	24660	–	–	25000
Световой поток, лм	90000	58000	90000	55000	55000
Цветовая температу- ра, К	2050	2050	2000	2000	2050
Зажигание, кВ	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5

Контрольные вопросы

1. В чем принципиальные отличия стационарных и передвижных тепличных облучательных установок?
2. Перечислите основные требования к облучательным установкам?
3. Приведите пример роста тепличной стационарной облучательной установки?
4. Определите среднюю фитооблученность линейных источников облучения?
5. Перечислите основные типы источников излучения и облучателей применяемых в теплицах?
6. Приведите характеристики новейших тепличных излучателей фирм Sylvania, Osram и отечественного совместного с Osram изделий для тепличных облучательных установок.

9. Технологические процессы, основанные на УФ облучениях в сельскохозяйственном производстве

9.1. Биологическое действие УФ облучений

Биодействие УФ облучений выражается через фотохимические реакции в кожных покровах, слизистых оболочках органов зрения, а так же через воздействие озона и аэроионов, образующихся при прохождении УФ лучей через воздух. В современном животноводстве и птицеводстве частью технологии выращивания и содержания животных и птиц стали оптические облучения, благодаря которым осуществляется узконаправленное влияние на их рост, развитие и продуктивность.

Ультрафиолет класса С длинной волны 100-280 нм.

Оказывает мутагенное и бактерицидное действие. Дозированное количество УФ – С излучения может вызвать положительные мутации наследственности растений, животных птицы. Чрезмерные дозы оказывают, отрицательное влияние на организмы и происходит гибель мелких организмов, поэтому УФ-С нашел широкое применение в различных технологических процессах.

Ультрафиолет класса Б длинной волны 280-315 нм. В разумных дозах оказывает сильное тонизирующее и терапевтическое действие на организмы животных и птиц. Оно усиливает обмен веществ, процессы дыхания, активизирует кровообращение, увеличивает содержание в крови гемоглобина, активизирует работу желез внутренней секреции, повышает половую функцию, кроме того оказывает сильное антирахитное действие превращает провитамин D в витамин D, способствующий повышению усвояемости кормов, общему оздоровлению, сохранности и повышению продуктивности животных и птицы. При недостатке витамина D нарушается минеральный, белковый и углеродно – жировой обмен веществ в организме вследствие чего развиваются болезни: ацидоз, остеомелания, рахит и др. В результате задерживается рост и развитие молодняка, а у взрослых животных падает продуктивность. Поэтому этот вид облучения получил название эритемного или витального, т.е. жизненного облучения.

Недостаток витамина D может быть ликвидирован путем:

1. добавления в корм витаминных добавок;
2. облучением кормов эритемным УФ облучением;
3. эритемным УФ облучением животных и птицы.

Последнее наиболее эффективно и экономически выгодно.

Дозы эритемного УФ облучения рекомендованы Министерством сельского хозяйства на основании выполненных биоисследований, которая рассчитывается по формуле:

$$H_{э} = E_{э} \times \tau ;$$

$E_{э}$ – эритемная облученность, мэр/чм², τ – время облучения, ч;

Наиболее целесообразно использовать меньшую величину эритемной облученности, при большей продолжительности облучения.

Облучательные установки существуют стационарные ЭО1-30; ОЭ1; ОЭ2 с лампами ЛЭ 30 и передвижные УОК-1 и УО-4 с лампами ДРТ 400.

Ультрафиолет класса А длинной волны 315-380 нм. Не оказывает биовоздействия, но вызывает сильную люминесценцию облученных веществ поэтому используется для люминесцентного анализа качества сельхозпродуктов.

9.2 Дозирование УФ облучения

Ввиду того, что УФ облучение может быть благотворным и вредным в зависимости от его характеристики и количества, поэтому учет и дозирование УФ облучения приобретает чрезвычайно важное значение. На режим облучения помимо характеристик источника сильное влияние оказывает колебания напряжения питания, температура окружающей среды, если используется источник типа ЛЭ ибо при повышении температуры с 20°C до 35°C или снижении до +13°C. Ультрафиолетовый поток снижается на 13 – 15%, на эффективность использования потока излучения оказывает сильное влияние запыленность и задымленность помещения, а также состояние поверхностей облучателя (грязь, пыль, ржавчина). Поток УФ облучения от ламп ЛЭ, ДРТ 400 снижается на 50% после 1000ч эксплуатации; т.е. после этого срока экспозицию нужно увеличивать в 2 раза. При снижении напряжения в сети на 10% экспозицию необходимо увеличить на 20 – 40%. Учитывает это для грамотного введения УФ облучения необходимо использовать измерительные приборы: эрметры или эрдозиметры.

Наибольшая точность дозирования УФ облучения достигается при использовании облучательных установок с автоматическими системами управления – АСУ.

Установка ультрафиолетового облучения включается в сеть коммутирующим устройством КУ по команде програмного реле времени ПРВ количество облучения измеряется счетчиком излучения СИ при помощи измерительного приемника П и усилителем преобразователем УП. Сравнивающее устройство (компаратор) К постоянно сравнивает показания счетчика с сигналом задатчика З дозы облучения. При совпадении количества облучения с заданной дозой компаратор подает команду на коммутирующее устройство на выключение облучательной установки.

9.3 Ультрафиолетовое облучение в технологических процессах сельскохозяйственного производства

УФИ используется в более чем в 20-ти технологических процессах сельскохозяйственного производства помимо эритемного облучения животных и птиц еще шире в различных технологических процессах применяется бактерицидное УФИ. Особенно эффективными сферами применения, бактерицидного облучения являются обеззараживание помещений (хирургических, осеменения, хранения овощей, фруктов, мяса и мясопродуктов), обеззараживание молокопродуктов, молочной посуды, обеззараживание животноводческих стоков, пастеризация молока и другие.

УФ обеззараживание животноводческих стоков необходимо перед их использованием в качестве удобрения. Исследования показали, что при УФ облучении свободно стекающего по поверхности лампы слоя животноводческих стоков толщиной 1,5 мм через 3-4 сек на 100% гибнут яйца фасциол и 20-30% яиц свиной аскариды. Современные мощные источники демонстрируют еще большую эффективность, но в целом процесс довольно затратны.

УФ пастеризация молока облучением длинной волны 253,7 нм в 6-8 раз дешевле по энергопотреблению тепловой пастеризации. Дозированное УФ облучение молока при температуре 10-24 °С снижает содержание микроорганизмов в молоке на 93-99,7% повышает содержание в молоке витамина D не меняя свойств натурального молока.

УФ обеззараживание воздуха. Применяется в продуктовых складах, овощехранилищах, молочных отделениях, профилакториях, хирургических кабинетах, пунктах осеменения, в цехах мясокомбинатов и в холодильниках. Для обеззараживания воздуха стен и находящихся там предметов используют бактерицидные лампы ДБ30, ДБ60. Удельная мощность облучения должна быть: в больших помещениях до 0,3 Вт/м³, а в малых 2,5 Вт/м³. если обработка помещения ведется в присутствии людей то во избежания воспаления слизистых оболочек глаз и дыхательных путей облученность не должна быть более 0,5*10⁴мкб/м² при 8 часовом нахождении людей а при двадцатичетырех часовом нахождении людей не более 0,1 мкб/м².

Весьма эффективно УФ обеззараживание воздуха в птицеводческом помещении лампами ДБ30 из расчета (одна лампа на 50 м³ воздуха). При включении ламп 3 раза в сутки на 1 час микрофлора сокращается на 50-70%. Яйценоскость повышается на 5-7%.

Очень эффективно УФ обеззараживание в вентиляционных каналах подаваемого в помещение воздуха установкой в канал диффузора с 30 лампами ДБ30. бактериальная загрязненность птичника снизилась на 80-95% улучшился ионный состав воздуха снизилась концентрация сероводорода и угарного газа. Одновременно произошла дезодорация воздуха в результате окисления озоном меркаптанов.

Для обеззараживания воздуха помещениях хранения скоропортящихся продуктов (мясо, овощи, фрукты) удельная облученность должна быть не менее 0,6 Вт/м³ при продолжительности облучения 9 час/сутки, при этом температура хранилища может быть повышена на 4-5 °С при W=95-98% и воздухообмене 5-6 раз в час.

Стерилизация посуды и тары— это широко используемая сфера УФ обеззараживания. Известны установки для обработки молочных цистерн, дойников, молоко-проводов, бидонов; винных емкостей на ж.д. транспорте (разработка ВИИЖТа с двумя лампами ДБ30 снижает бактериальную загрязненность емкости на 84-97% за 40 минут облучения), установка с лампой ДРТ400 проводит 100% стерилизацию этой емкости за 24 минуты, а с лампой ДРТ1000 за 3-6 мин. Облучение лампой ДБ15 оцинкованного железа или деревянных поверхностей с расстояния 0,2 м за первые 30 секунд уничтожает 90-95% не спорообразующих микроорганизмов.

Обработка картофеля перед хранением на транспортере. Установка из 2-3 ламп ДРТ1000 установленных на высоте 0,4-0,5м над лентой транспортера на расстоянии 0,6 м (через 20 см). продолжительность облучения 5-6 с. Скорость движения ленты 100-150 м/мин. После облучения картофель за 3-4 дня залечивает раны, полученные при копке и транспортировке после чего микроорганизмы гниения не проникают в клубень и сохранность возрастает на 50-60%.

УФ обработка семенного материала. Оказывает благотворное действие, повышает всхожесть, энергию прорастания, устойчивость к неблагоприятным воздействиям погоды, а так же повышается урожайность и сокращаются сроки созревания. Так УФ облучение семян сахарной свеклы привело к повышению урожая на 7-9%, содержание сахара возросло на 15% срок созревания сократился на 1,5 недели. Для обработки семян используется установка УОЗ-2 с вибрототком, по вибрототку облучаемому 10 лампами ДРТ1000 в течение 55-60 с перемещаются семена. Длина лотка 6м ширина 0,9м. Привод электродвигателя 0,6 кВт, производительность 1-1,5 т/ч.

Привлечение и уничтожение насекомых в садах. УФ излучение в ночное время привлекает к излучателю насекомых, которых засасывает вентиляционная установка в специальный мешок после чего их уничтожают электрическим разрядом или механическим способом. Это позволяет снизить применение ядохимикатов и получать экологически чистую продукцию. Применяют стационарные и мобильные (на тракторе) установки. Используют лампы ЛЭ, ДБ, ДРТ.

9.4. Расчет установок для обеззараживания воздуха в помещениях, стерилизации и дезинфекции поверхностей

Установки бактерицидного действия применяют для обеззараживания воздуха помещений, пищевых продуктов, тары и т.п. Эффективным является использование бактерицидных облучателей в каналах приточно-вытяжной вентиляции.

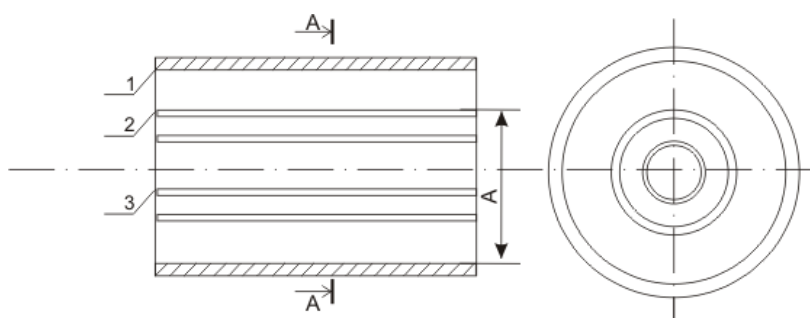


Рисунок 28. Схема к расчету установки для обеззараживания воды с погруженный источниками: 1 – корпус; 2 – чехол; 3 – лампа.

Установку для обеззараживания воздуха, поступающего в помещения от приточной вентиляции, можно рассчитать по формулам и. Коэффициент запаса в этом случае зависит от запыленности поступающего воздуха. При малом содержании пыли, дыма или копоти в воздухе $K_3 = 1,8$, среднем - 2,2 и большим - 3,0.

В помещениях без искусственной вентиляции предполагают, что обеззараживание наиболее удаленного от источника места обеспечивает обеззараживание всего помещения. Бактерицидная экспозиция для обеззараживания воздуха

$$\Phi_{\text{бу}} \tau_{\text{ср}} = - \frac{kK_3 4\pi l^2 \ln\left(\frac{B}{B_0}\right)}{\left[1 - \rho_3 \frac{360 - \alpha_{\text{опр}}}{360} \exp(-\alpha l)\right]},$$

где l - расстояние от источника до наиболее удаленного места обеззараживания, м.

Минимальная бактерицидная экспозиция для полного уничтожения бактерий в воздухе равняется $8,3 \text{ мбк} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-2}$, максимальная $-40 \text{ мбк} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-2}$.

Бактерицидная экспозиция при стерилизации и дезинфекции поверхностей

$$\Phi_{\text{бу}} \tau_{\text{ср}} = - \frac{SkK_3 \ln\left(\frac{B}{B_0}\right)}{\eta_{\text{и}} \exp(-\alpha l)},$$

По формулам и определяют продолжительность облучения $\tau_{\text{ср}}$ при известном значении бактерицидного потока установки $\Phi_{\text{бу}}$ или количество источников и бактерицидный поток установки $\Phi_{\text{бу}}$ при заданной продолжительности облучения $\tau_{\text{с}}$. При обеззараживании воздуха в продуктовых складах и овощефруктохранилищах, молочно-товарных и животноводческих помещениях облучатели по ним равномерно распределяют. Удельную мощность принимают: для больших складов со скоропортящимися продуктами - $0,3 \dots 0,6$; для малых камер хранения - до $2,5$; для венткамер - до $3,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3}$.

Обеззараживание воздуха в присутствии людей (в больницах, поликлиниках, школах, детских учреждениях) неэкранированными бактерицидными лампами запрещено. В этих помещениях облучатели устанавливают на высоте $1,8 \dots 2,0$ м выходным отверстием вверх. Установленная мощность источников не должна превышать $0,75 \dots 1,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3}$. Максимальная бактерицидная облученность в зоне пребывания людей (на высоте $1,8$ м от пола) $5 \text{ мбк} \cdot \text{м}^{-2}$ при 8-часовом и $1 \text{ мбк} \cdot \text{м}^{-2}$ при круглосуточном пребывании людей в зоне облучения. Степень обеззараживания B/B_0 для операционных помещений принимают равной 10^{-5} .

Контрольные вопросы

1. Какое влияние животных и растительность оказывает ультрафиолет класса УФ-С, длинной волны 100-280 нм?
2. Какое влияние на живые организмы оказывает ультрафиолет класса УФ-В, Длинной волны 280-315нм?
3. Недостаток каких веществ вызывает развитие рахита, ацидоза, остеомаляции?
4. Каким путем можно ликвидировать недостаток витамина Д?
5. Какой величины должна быть эритемная или витальная облученность?
6. Как следует дозировать эритемную или витальную облученность?
7. В каких электротехнологических процессах сельскохозяйственного производства применяется бактерицидное УФ - облучение?
8. Как обеззараживают с помощью УФ облучения животноводческие стоки?
9. Как пастеризуют с помощью УФ-С облучения молоко?
10. Как обеззараживают с помощью УФ-С облучения воздух в помещениях?
11. Как стерилизуют посуду и тару с помощью УФ-С облучения?
12. Как повысить сохранность картофеля обработкой УФ-С излучения на транспортере перед хранением?
13. Как произвести активацию семян перед посевом УФ излучением?
14. Как выполнить расчет установки обеззараживания воздуха и стерилизации поверхностей УФ облучением?

10. Задачи для самостоятельного решения

1. Выбрать из электрокалориферов СФОА100 и СФО60 нужные для отопления помещения фермы на 200 голов крупного рогатого скота с $V_{уд}=7$ м³/гол подогретым приточным воздухом и удаления избыточной влаги при $T_{нар.воздух}=-22$ °С и удельных тепловых потерях $3,8$ кДж/(ч·м³·°С). Выбрать автоматический выключатель для защиты электродвигателей вентиляторов выбранных установок.
2. Выбрать ТЭНы для подогрева воды в проточном режиме от $+9,5$ °С до $+14,5$ °С в системе поения откормочной фермы на 1000 голов крупного рогатого скота, если одно животное потребляет 15 л воды в сутки. Составить схему управления и защиты водонагревателя. Определить суточный расход электроэнергии на подогрев воды.
3. Выбрать ТЭНы для подогрева воды в проточном режиме от $+9,5$ °С до $+14,5$ °С в системе поения птичника на 20000 кур-несушек, если одно животное потребляет 1,5 л воды в сутки. Составить схему управления и защиты водонагревателя. Определить суточный расход электроэнергии на подогрев воды.
4. Выбрать ТЭНы для секционного регулирования мощности в соотношении 0,33:0,66:1 электрокалорифера, который должен обеспечивать подогрев приточного воздуха до $+5$ °С с подачей 22500 м³/ч в хранилище. Изобразить силовую часть схемы переключения мощности электрокалориферной установки в указанном соотношении.
5. Выбрать электродный паровой котел для запаривания 10 кг грубых и 3 кг сочных кормов в сутки на голову, если расход пара составляет 0,5 кг/кг грубых и 0,15 кг/кг сочных кормов, а запаривание осуществляется два раза в сутки по 2,5 часа. Определить суточный расход электроэнергии на запаривание кормов.
6. Вычислить длину провода однофазного нагревателя из нихрома (допустимая плотность мощности нагрева $p_{доп}=6 \cdot 10^4$ Вт/м², удельное сопротивление $\rho_t=1,1 \cdot 10^{-6}(1+1,5 \cdot 10^{-4}t)$ Ом·м) для нагрева 50 кг воды с начальной температурой $+5$ °С до $+70$ °С за время 40 минут. Потребляемая мощность нагревателя $P=12$ кВт при напряжении сети $U_c=220$ В, тепловой КПД нагревателя $\eta_t=0,9$.
7. Лампа ЛЭ-15, подвешенная на высоте 1 м от спины животных, создает эритемную облученность 20 мэр/м² при дозе облучения 40 мэр·ч/м². Как необходимо изменить продолжительность облучения животных, если высоту подвеса лампы увеличить до 2 м?
8. Обосновать выбор электрокалориферов для отопления подогретым приточным воздухом помещения фермы на 200 голов с удельным объемом $V_{уд}=7$ м³/гол и удаления избыточной влаги при $T_{нар.воздух}=-22$ °С, если удельные потери тепловой энергии равны $w_{уд} = 3,8$ кДж/(ч·м³·°С).
9. Определить изменение продолжительности облучения животного при дозе облучения 40 мэр·ч/м² и высоте подвеса лампы ЛЭ-15 $h_л=2$ м, если, подвешенная на высоте 1 м от спины животного, она создавала эритемную облу-

ченность 20 мэр/м^2 .

10. Определить количество ионизационных люстр с 350 остриями каждая, которые можно подключить к блоку питания с предельной нагрузкой $0,5$ миллиампера при напряжении питания 80 кВ , если ток через одно острие при 70 кВ составляет $4,8 \cdot 10^{-8} \text{ А}$, а при 100 кВ $6,8 \cdot 10^{-8} \text{ А}$.
11. Определить мощность электрического обогрева теплицы, если для климатической зоны средней полосы требуемая удельная поверхностная мощность $p_F = 145 \text{ Вт/м}^2$. Площадь теплицы составляет 320 м^2 . Температура в теплице $+16^\circ\text{C}$ при наружной температуре равной -10°C .
12. Определить мощность электрического обогрева теплицы, если площадь одинарного остекления стеклом толщиной 3 мм с коэффициентом теплопроводности $0,745 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ составляет 320 м^2 , коэффициент внутреннего тепловосприятия - $10 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$, коэффициент теплоотдачи наружу - $25 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$, а потери через грунт составляют 10% от потерь через остекление. Температура в теплице $+16^\circ\text{C}$ при наружной температуре равной -10°C .
13. Определить суточный расход электроэнергии фермы КРС на 200 голов для нагрева воды, необходимый при трехразовом доении в молокопровод при начальной температуре воды $+10^\circ\text{C}$. Нормы расхода воды на одну голову в сутки: подмывание вымени 3 л при $+40^\circ\text{C}$, промывка молокопровода $2,4 \text{ л}$ при $+60^\circ\text{C}$ и доильных аппаратов $2,34 \text{ л}$ при $+60^\circ\text{C}$.
14. Рассчитать длину оцинкованного провода с $r_{\text{уд}}=0,02 \text{ Ом/м}$ и $p_{\text{доп}}=20 \text{ Вт/м}$ для элемента с $U_p \leq 36 \text{ В}$ нагревателя из 21 элемента, включенных «звездой» в сеть $380/220 \text{ В}$. Составить электрическую принципиальную схему управления нагревателем. Определить сопротивление одного метра оцинкованной проволоки при повышении ее температуры до 150°C , если при температуре 20°C ее сопротивление составляет $0,02 \text{ Ом/м}$., температурный коэффициент изменения сопротивления стали равен $0,015$.
15. В электрокалорифере, предназначенном для обогрева инкубатория, имеется три секции, в каждой из которых установлено по три ТЭНа, включенных в трехфазную сеть по схеме «звезда». Все ТЭНЫ одинаковые. Условное обозначение каждого ТЭНа по ГОСТ 13268: ТЭН – 240 С 13/4,0 0 380. Линейное напряжение питающей сети – 380 В . Температура воздуха на входе в электрокалорифер $T_1=5^\circ\text{C}$. Объемный расход воздуха, приведенный к температуре T_1 , равен $Q_v=2000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определите температуру воздуха на выходе из электрокалорифера.
16. Для выпаивания телят молоко подогревается в бидоне со встроенными в крышку тремя одинаковыми ТЭНами от начальной температуры $T_1=10^\circ\text{C}$ до конечной температуры $T_2=30^\circ\text{C}$. Вместимость бидона $V=50 \text{ л}$. Условное обозначение каждого ТЭНа по ГОСТ 13268: ТЭН – 116 А 8/0,6 Т 220 (трубка ТЭНа выполнена из нержавеющей стали). ТЭНЫ соединены в «звезду» и подключены к трехфазной сети с линейным напряжением 380 В . Сколько времени будет длиться нагрев молока в бидоне, если напряжение питающей сети ниже номинального на 10% ?

11. Тестовые задания

1. В микроволновых печах для приготовления пищи используется:

- а) индукционный нагрев;
- в) термоэлектрический нагрев;
- с) электронно-лучевой нагрев;
- д) диэлектрический нагрев;
- е) ионный нагрев.

2. В процессе электродиализа используют перенос ионов под действием электрического поля через ионоселективные мембраны из специальных ионообменных материалов. В качестве такого материала могут применяться:

- а) металлические пластинки;
- в) пластмассы;
- с) смолы;
- д) дерево;
- е) пункты в и с;
- ф) пункты с и д;
- г) ничто из перечисленного.

3. В сельском хозяйстве электронно-ионную технологию не используют для:

- а) разделения доброкачественных и не доброкачественных семян;
- в) смешивания частей комбикормов;
- с) искусственной аэроионизации;
- д) обработки воды для поения животных.

4. В сооружениях защищенного грунта принято, что температура почвы не должна отличаться от температуры воздуха более чем на:

- а) 5°C;
- в) 15°C;
- с) 17°C;
- д) температура воздуха и почвы не должны отличаться.

5. В электрогидравлических установках, основанных на электрогидравлическом эффекте, используют:

- А) дуговой разряд в жидкости;
- В) искровой разряд в жидкости;
- С) воздействие переменного магнитного поля на жидкость;
- Д) явление электроосмоса

6. Внешнее магнитное поле ослабляют:

- а) ферромагнетики;
- в) парамагнетики;
- с) диамагнетики;
- д) магнетики Шорта.

7. Геометрический коэффициент электродной системы независимо от схемы электродной системы не зависит:

- а) h – длины (высоты) электродов;
- в) $R_{уд}$ - удельного сопротивления нагреваемого материала;
- с) $R_{ф}$ - фазного сопротивления нагревателя;
- д) C_v – удельной теплоемкости воды.

8. Движение жидкости относительно твердого тела под действием электрического поля называется:

- А) электродиализ;
- В) электрокоагуляция;
- С) электроосмос;
- Д) электролиз.

9. Действие аэроионизатора (например люстры Чижевского) основано на:

- А) дуговом разряде;
- В) коронном разряде;
- С) тлеющем разряде;
- Д) явлении оптической дисперсии.

10. Для нагрева диэлектриков на сверхвысоких частотах (свыше 100 МГц) применяются:

- а) плазмотроны;
- в) магнетроны;
- с) магнитострикционные преобразователи;
- д) ламповые генераторы.

11. Для нагрева диэлектриков на сверхвысоких частотах (свыше 100 МГц) применяются:

- а) плазмотроны;
- в) магнетроны;
- с) магнитострикционные преобразователи;
- д) ламповые генераторы.

12. Для нагрева диэлектриков на сверхвысоких частотах (свыше 100 МГц) применяются:

- а) плазмотроны;
- в) магнетроны;
- с) магнитострикционные преобразователи;
- д) ламповые генераторы.

13. Для пластической деформации металлов используют:

- а) дуговые электропечи;
- в) диэлектрические электропечи;
- с) индукционные электропечи;
- д) термоэлектрические печи.

14. Для рассоления воды применяется метод:

- а) электроосмос;
- в) электрокоагуляция;
- с) электродиализ;
- д) магнитогидродинамический солеуловитель.

15. Для сушки сильно увлажненной почвы применяют:

- а) электроосмос;
- в) электрокоагуляция;
- с) электродиализ.

16. Дописать определение: Разряд представляющий собой пучок светящихся тонких, иногда сложным образом переплетенных нитей, называемых каналами соединения называется _____.

17. Дописать:

При работе водяного электродного котла нагрев воды происходит за счет _____.

18. Допишите определение: Совокупность физических, химических параметров (температура, влажность, подвижность воздуха, наличие CO_2 , NH_3 , сероводорода, кислотных примесей, запыленность, наличие микрофлоры) окружающей воздушной среды, оказывающих комплексное влияние на организм животных и птиц называется _____.

19. Индукционный нагрев можно применить для:

- а) обогрева трубопроводов;
- в) плавления пластмассы;
- с) приготовления пищи;
- д) дуговой электросварки.

20. К недостаткам диэлектрического нагрева не относится:

- а) Высокое потребление электрической энергии;
- в) Дорогое оборудование;
- с) Необходимость в квалифицированном персонале;
- д) то, что теплота выделяется внутри объекта нагрева;
- е) все перечисленное.

21. К обязательным частям ультразвуковой установки не относится:

- а) задающий генератор ультразвуковой генератор;
- в) усилитель;
- с) преобразователь электрического ультразвукового сигнала в акустический;
- д) концентратор (акустический трансформатор).

22. К первичным эффектам ультразвука не относится:

- а) звуковое давление;
- в) поглощение ультразвука;
- с) явление кавитации - разряжение или образование полостей в жидкой среде, которые захлопываются и создают большое давление;
- д) нагрев живой ткани.

23. К положительному влиянию аэроионизации относится:

- а) создание легких отрицательных ионов в нужной концентрации;
- в) создание озона;
- с) очистка воздуха в помещении;
- д) все перечисленное.

24. К преимуществам диэлектрического нагрева по сравнению с конвективным относится:

- а) использование при таком нагреве явления поляризации диэлектриков;
- в) селективность нагрева;
- с) то, что при таком нагреве температура внутри объекта нагрева выше, чем на периферии;
- д) то, что теплота выделяется внутри объекта нагрева;
- е) пункты а, с, д;
- ф) пункты в, с, д.

25. Для рассоления воды применяется метод:

- а) электроосмос;
- в) электрокоагуляция;
- с) электродиализ;
- д) магнитогидродинамический солеуловитель.

26. К физическим факторам, обуславливающим широкое применение искрового разряда не относится:

- а) большая плотность тока;
- в) ударная волна;
- с) оптическая дисперсия;
- д) высокая температура.

27. Какую из групп пыли необходимо смачивать, чтобы она легче улавливалась электрофильтром:

- А) хорошо проводящую пыль;
- В) плохо проводящую пыль;
- С) практически не проводящую пыль.

28. Какую из перечисленных сил чаще всего не учитывают при расчете электрофильтров:

- а) кулоновскую силу;
- в) силу тяжести;

- с) силу давления электрического ветра;
- д) силу сопротивления среды.

29. Коэффициент, учитывающий ухудшение теплоотдачи от нагревательного элемента в зависимости от его конструкции называется:

- А) коэффициент среды;
- В) коэффициент монтажа;
- С) коэффициент инерционности;
- Д) коэффициент мощности.

30. Ламповые генераторы используются в установках:

- а) индукционного нагрева;
- в) термоэлектрического нагрева;
- с) ионного нагрева;
- д) диэлектрического нагрева;
- е) пункты а и д;
- ф) пункты а, с, д.

31. Магнитная обработка воды оказывает действие:

- а) уменьшение растворимости газов в воде;
- в) изменение скорости растворения неорганических солей;
- с) изменение плотности воды;
- д) изменение электропроводимости воды.
- ф) все вышеперечисленное;
- г) ничто из вышеперечисленного.

32. На всасывающем патрубке нагреватели устанавливаются на калориферах:

- а) СФОЦ;
- в) СФОО;
- с) СВОП.

33. Нагрев непроводящей загрузки токами смещения или поляризации, а также нагрев проводников второго рода, имеющих ионную проводимость, называется:

- А) индукционным;
- В) диэлектрическим;
- С) ионным;
- Д) термоэлектрическим;
- Е) плазменным.

34. Нагрев сред теплотой, переносимой электрическим током термоэлектрической батареи от источника, имеющего температуру более низкую, чем температура потребителя называется:

- а) лазерный нагрев;
- в) диэлектрический нагрев;
- с) низкопотенциальный нагрев;

- d) низкокалорийный теплообмен;
- e) термоэлектрический нагрев.

35. Найдите и обведите ошибку в расшифровке типа калорифера СФОЦ 40/0,5 – ИЗ:

С – нагрев сопротивлением;

Ф – индекс калорифера;

О – работа в окисленной среде;

Ц – центробежный вентилятор, О- осевой вентилятор;

40 – установленная мощность, кВт;

0,5 – длина установленных ТЭНов – 0,5 метра; 0,5-это предельная температура нагрева воздуха 50 градусов;

ИЗ – исполнение.

36. Написать, сущность какого метода очистки воды описана ниже:

Анод выполняют из алюминия или железа и при электролизе он переходит в воду и образует гидроокись алюминия или железа: $Al(OH)_3$; $Fe(OH)_3$, которая не растворяется и образует рыхлую структуру, выпадая в осадок вместе с взвешенными частицами. Плотность тока для очистки воды в проточных системах очистки: $j=1050A/m^2$.

37. Нет установок индукционного нагрева:

a) низкой (промышленной) частоты 50Гц;

в) средней частоты до 10кГц;

с) высокой частоты свыше 10кГц;

d) постоянного тока.

38. Ферритовые излучатели, пьезокерамические преобразователи применяют в

A) ультразвуковой технологии;

B) электронно-ионной технологии;

C) электроимпульсной технологии.

39. Объект тепловой обработки в электротермическом оборудовании называют:

a) нагрузка;

в) загрузка;

с) разгрузка;

d) наполнитель

40. Перечислить достоинства открытых нагревателей:

1 Возможность обеспечения высокого коэффициента теплоотдачи с поверхности нагревательного элемента;

2 простота конструкции;

3 ремонтпригодность.

41. Преимущественное применение переменного тока для электроконтактного нагрева обусловлено:

- а) более равномерным нагревом деталей;
- в) более высокой температурой нагрева;
- с) более простым получением необходимого уровня напряжения и тока;
- д) возможностью обслуживания установок нагрева менее квалифицированным персоналом.

42. При аэроионизации помещений используется положительное влияние на организм животных и человека:

- а) легких положительных ионов;
- в) легких отрицательных ионов;
- с) тяжелых положительных ионов;
- д) тяжелых отрицательных ионов.

43. При использовании более высокой частоты индукционного нагрева:

- а) ниже глубина проникновения тока в материал, выше мощность нагрева;
- в) выше глубина проникновения тока в материал, выше мощность нагрева;
- с) ниже глубина проникновения тока в материал, ниже мощность нагрева;
- д) выше глубина проникновения тока в материал, ниже мощность нагрева.

44. Рабочая температура нагревателя при расчете нагревательной установки выбирается по условию:

- А) $t_{\text{раб}} < t_{\text{мах допуст}}$;
- В) $t_{\text{раб}} = t_{\text{мах допуст}}$;
- С) $t_{\text{раб}} > t_{\text{мах допуст}}$;

45. Рабочая температура спирали нагревателя равна $t_{\text{раб}}=200^{\circ}\text{C}$, коэффициент среды $K_c=2$, коэффициент монтажа $K_m=0,5$, определите расчетную температуру спирали, приведенную к табличным условиям:

- $t_p=200$;
- $t_p=300$;
- $t_p=400$.

46. Скорость движения заряженной частицы в электрофильтре не зависит от:

- а) кулоновской силы;
- в) силы тяжести;
- с) давления электрического ветра;
- д) силы сопротивления среды;
- е) силы зеркального отображения.

47. Схема простейшего умножителя напряжения содержит:

- А) активные сопротивления и индуктивности;
- В) активные сопротивления и тиристоры;
- С) диоды и емкости;

- Д) диоды и триггеры;
- Е) емкости и индуктивности.

48. Ультразвук не применяется для:

- а) мойка шерсти;
- в) ускорение обезжиривания деталей;
- с) получение эмульсии;
- д) металлизация;
- ф) все из перечисленного.

49. Ферритовые излучатели, пьезокерамические преобразователи применяют в

- А) ультразвуковой технологии;
- В) электронно-ионной технологии;
- С) электроимпульсной технологии.

50. Х13Ю4 – это:

- а) марка нихрома;
- в) марка фехраля;
- с) марка нержавеющей стали;
- д) марка калорифера.

51. Часть электротермического оборудования, в котором электротермический процесс осуществляется в закрытом рабочем пространстве называется _____.

52. Электрическая искра применяется:

- а) для получения кратковременного светового импульса (например в фото-вспышке);
- в) для борьбы с сорной растительностью;
- с) предпосевная обработка семян;
- д) борьба с насекомыми.

53. Электроаэрозольный генератор может применяться для:

- А) покраски изделий;
- В) морения тутового шелкопряда;
- С) электрофльтрации воздуха;
- Д) создания озона.

54. Электроконтактный нагрев не применяется для:

- а) прямого нагрева металлических деталей сложной формы (валы, оси);
- в) контактной сварки;
- с) наплавки при восстановлении деталей;
- д)прогрева трубопроводов с целью размораживания, подогрева циркулирующей жидкости;
- е) дуговой электросварки металлов.

55. Элементный стерилизатор почвы представляет собой:

- а) ящик, в котором установлены пластины из сплава на основе алюминия и на пластинах укреплены ТЭНы. Тепловой поток от ТЭНов передается пластинам, а от них почве;
- в) деревянный ящик, в котором закреплены 4 электрода и подключены на 380В. Для равномерного распределения нагрузки между фазами крайние электроды соединяют между собой проводами, ток, протекающий через почву между электродами, нагревает ее.

56. Эффективность инфракрасного нагрева многократно повышается при условии, что:

- а) излучательные спектральные характеристики излучателя соответствуют поглощательным характеристикам нагреваемой загрузки;
- в) нагреватель размещают в 30 сантиметрах от загрузки;
- с) питание нагревателя осуществляется от источника с повышенным напряжением;
- д) излучательные спектральные характеристики излучателя не соответствуют поглощательным характеристикам нагреваемой загрузки;

57. Параметр, который определяется при расчете электроконтактной нагревательной установки:

- А) Время нагрева;
- В) Мощность силового трансформатора;
- С) Геометрические размеры нагреваемой заготовки;
- Д) Напряжение питающей сети;
- Е) Температура нагрева.

58. Механический расчет ЭТУ проходят с целью определения:

- А) Коэффициента мощности;
- В) Геометрических размеров установки;
- С) Мощности установки;
- Д) Габаритных размеров установки ;
- Е) Параметров тепловой изоляции.

59. Способы ступенчатого регулирования тока в сварочном трансформаторе с подвижными вторичными обмотками:

- А) Изменением длины дугового промежутка;
- В) Переключением обмоток с последовательного на параллельное;
- С) Изменением диаметра электрода;
- Д) Включением дросселя в сварочную цепь;
- Е) Изменением расстояния между обмотками;
- Ф) Изменением расстояния между обмотками и диаметра электрода.

60. Способ электронагрева, в котором электрическая энергия превращается в энергию электрического поля, а затем в тепловую в диэлектриках и полупроводниках, помещенных в это же поле:

- А) Лазерный;
- В) Сопротивлением;
- С) Нагрев в электрическом поле частотой от 0,5 до 300 МГц;
- Д) Электронным пучком;
- Е) Индукционный;
- Ф) Электродуговой.

61. Специализированные приборы для приготовления пищи:

- А) Настольные электроплиты;
- В) Электротостеры;
- С) Напольные электроплиты;
- Д) Электрогрили;
- Е) Жарочные шкафы.

62. Процесс, основанный на биологическом действии электрического тока на объект обработки:

- А) Электроплазмолиз растительного сырья;
- В) Нанесение гальванических покрытий;
- С) Получение дезинфицирующего раствора;
- Д) Борьба с сорной растительностью;
- Е) Обеззараживание оборудования.

63. В основе ультразвуковой очистки (мойки) деталей лежит:

- А) Диспергирование;
- В) Поглощения ультразвука;
- С) Звуковое давление;
- Д) Поверхностное трение;
- Е) Гидродинамический эффект.

64. Электронно- лучевые установки:

- А) Плавильные установки для получения особо чистых металлов;
- В) Электронные сварочные установки;
- С) Сварочные трансформаторы;
- Д) Лазерные установки;
- Е) Водонагреватели;
- Ф) Термоэлектрические тепловые насосы.

Литература

1. Багаев А.А., Багаев А.И. Электротехнология: учебное пособие. Барнаул: АГАУ, 2006.
2. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению: учебник и учеб. пособие для вузов. М.: КолосС, 2008.
3. Электротехнология / А.И. Басов и др. М.: Агропромиздат, 1985.
4. Боев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению. М.: Агропромиздат, 1991.
5. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989.
6. Живописцев Е.Н. Косицын О.А. Электротехнология и электрическое освещение. М.: Агропромиздат, 1990.
7. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д. Электрическое освещение и облучение. М.: Колос, 1982.
8. Электротехнология / В.А. Карасенко и др. М.: Колос, 1992.
9. Козинский В.Д. Электрическое освещение и облучение. М.: Агропромиздат 1991.
10. Лямцев А.К., Тищенко Г.А. Электроосветительные и облучательные установки. М.: Колос, 1983.
11. Правила устройств электроустановок. М.: Норматика, 2013.
12. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2005.
13. Савицкас Р.К., Картавцев В.В. Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008.
14. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995.

Учебное издание

Безик Валерий Александрович

**Актуальные вопросы электротехнологий и электрооборудования
в агропромышленном комплексе**

Учебно-методическое пособие по выполнению практических
и самостоятельной работ по дисциплине «Актуальные вопросы
электротехнологий и электрооборудования в агропромышленном комплексе»
для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 6.11.2019 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. 4,53. Тираж 25 экз. Изд. № 6517.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ