

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Александрович

Должность: ректор

Дата подписания: 31.10.2021 16:59:22

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8ca6fb1af6547b6d49cdf1bdc60ae2

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПРИМОРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
Инженерно-технологический институт**

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Методические указания для самостоятельной работы
обучающихся по направлению подготовки
35.04.06 - Агроинженерия очной и заочной формы обучения

(Электронное издание)

Уссурийск 2020

Бородин И.И.: Сельскохозяйственные электротехнологии: методические указания для самостоятельной работы обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 – Агроинженерия очной и заочной формы обучения / составитель И.И. Бородин; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2020. - 60 с.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины (модуля).

Включают краткое содержание разделов дисциплины (модуля в виде лекций).

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 – Агроинженерия .

Рецензент: А.А. Редкокашин, кандидат техн. наук, доцент
кафедры ПМТП

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО
Приморская ГСХА

Лекция 1

1. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

1.1. Общие сведения

В настоящее время наблюдается высокая энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции. Как показывает анализ таблицы 1.1., в 2–5 раз выше, чем в странах ЕЭС, низкая энерго- и электровооруженность труда в сельском хозяйстве, а также низкое годовое потребление электрической энергии в расчете на одного сельского жителя – вот основные энергетические показатели сельскохозяйственного производства в настоящее время. Однако для выхода из кризисного состояния сельского хозяйства разработаны и начинают, правда, очень низкими темпами и со скудным финансированием, реализовываться программы фундаментальных исследований, государственные научно–технические программы, федеральная государственная программа развития АПК. Эти программы наряду с развитием сельскохозяйственного производства предусматривают создание и освоение энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции, новых электрофизических методов воздействия на биологические объекты и технических средств комплексной механизации, электрификации, теплофикации, электромеханизации процессов производства, первичной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Несбалансированность молочного производства, дефицит ресурсов, отсутствие экономической заинтересованности производителей сельскохозяйственной продукции, наукоемкость высокопродуктивного молочного и мясного животноводства приводят к сокращению поголовья, количества животноводческих ферм и, соответственно, к значительному снижению производства мяса и молока.

В концепциях развития механизации, электрификации и автоматизации на ближайшую перспективу предлагаются следующие пути выхода отрасли из кризисного состояния: разработка и внедрение новых ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих снижение расхода кормов, электроэнергии, повышение эффективности использования генетического потенциала животных на 40–50 %; создание новых технических средств с меньшей металлоемкостью, с меньшими затратами труда на обслуживание, с высокой степенью механизации и автоматизации технологических операций; использование нетрадиционных источников энергии для получения сельскохозяйственной продукции; повышение качества сельскохозяйственной продукции: кормов, молока, мяса и др. продукции, улучшение условий хранения, переработки, сохранения и улучшения потребительской ценности.

Функционирование и развитие сельскохозяйственного производства должно базироваться на совершенствовании имеющихся и создании новых электротехнологий, технических средств, обеспечивающих повышение эффективности производства продукции. Например, установлено, что продуктивность животных на 50–60 % определяется кормами, на 20 % – качеством ухода и на 20–30 % – параметрами микроклимата. В настоящее время доля затрат на приобретение и подготовку кормов к скармливанию составляет более 70 % от общих издержек производства. В связи с этим в сельском хозяйстве важным резервом повышения эффективности производства продукции является разработка и внедрение прогрессивных технологий, при

рациональном использовании энергетических и материальных ресурсов. Такими возможностями обладают технологии и технические средства, основанные на применении электромагнитных полей. При использовании этих методов в большинстве случаев достигаются такие результаты, которые невозможно получить по традиционным технологиям, а в остальных – значительно улучшается качество и повышается эффективность обработки.

Таблица 1.1.

Удельные затраты электрической энергии при производстве основных видов сельскохозяйственной продукции и в технологических процессах АПК

| Наименование | Ед. изм. | Россия | Страны ЕЭС |
|---|----------------------|----------|------------|
| | | кол-во | кол-во |
| Животноводство и птицеводство | | | |
| Мясо – молочное животноводство: | | | |
| – привязное содержание | кВт·ч/гол | 950–1500 | * |
| – пастбищное содержание | кВт·ч/гол | 320–400 | 90–110 |
| Выращивание и откорм свиней | кВт·ч/гол | 220–250 | 60–70 |
| Содержание кур-несушек | кВт·ч/шт | 110–115 | 25–30 |
| Полеводство и тепличное хозяйство | | | |
| Системы орошения | кВт·ч/га | 65–130 | * |
| Зерноочистительно-сушильные пункты | кВт·ч/т | 10–15 | * |
| Создание микроклимата в теплицах | кВт·ч/м ² | 150–210 | 45–55 |
| Выращивание овощей в теплицах | кВт·ч/т | 120–170 | 25–30 |
| Облучение электрическими лампами | кВт·ч/м ² | 100–150 | * |
| Обогрев (почва, воздух) | | 450–500 | * |
| Переработка продукции сельскохозяйственного производства | | | |
| Производство мяса говядины, свинины | кВт·ч/т | 65–80 | 15–25 |
| Производство мяса птицы | кВт·ч/т | 140–150 | 25–35 |
| Производство яиц | кВт·ч/ 1000 шт | 65–75 | 10–15 |
| Производство комбикормов | кВт·ч/т | 35–45 | * |
| Производство масла животного | кВт·ч/т | 100–110 | * |
| Производство сыра | кВт·ч/т | 110–115 | 60–65 |
| Производство сухого молока | кВт·ч/т | 300–310 | 180–200 |
| Производство масла растительного | кВт·ч/т | 300–330 | 55–60 |
| Системы жизнеобеспечения населенных пунктов | | | |
| Водоснабжение населенных пунктов с водопотреблением до 200 м ³ /сут. | кВт·ч/т | 0,8–1,3 | 0,06–0,09 |

* – данные не удалось установить

Электротехнология, как современное направление в производстве, основанное на непосредственном воздействии электромагнитного поля на обрабатываемый материал, находит все большее применение в сельском хозяйстве.

Диапазон частот электромагнитного поля, используемых в электротехнологии, простирается от постоянного тока до гамма-излучения. Наиболее глубоко разработано применение энергии электростатического поля, постоянного тока, токов низкой, средней и высокой частот, инфракрасного и ультрафиолетового излучений.

Электростатическое поле применяется в процессах очистки, сепарирования и изменения качества зерна, копчения мяса, рыбы. Постоянный ток используется для электродиализа, обеспечивающего очистку продуктов свеклосахарного производства, деминерализацию молочной сыворотки, электрофлотации – очистки и разделения взвешенных частиц, электрофореза. Высоковольтный разряд нашел применение в устройствах измельчения пищевых продуктов, гомогемезации и обеззараживания жидкостей. Переменный ток низкой (промышленной) частоты является наиболее распространенным и доступным видом электромагнитной энергии. Токи промышленной частоты нашли самое широкое применение для прямого нагрева воды, молока, выпечки хлеба, мясных изделий, измельченного картофеля и мелассы, используются для улучшения качества кормов и количества выхода продукта, его обеззараживания и сушки.

Весьма перспективно использование в сельскохозяйственной электротехнологии токов средней, высокой и сверхвысокой частот. Преимуществом электромагнитного поля этих частот является возможность сквозного прогрева на определенную глубину практически без перепада температуры. Отсутствие непосредственного контакта токоподводящих устройств с обрабатываемым материалом делают данный вид энергии особенно перспективным для пищевой и перерабатывающей электротехнологии. Токи средней и высокой частоты используются для обработки молока, размораживания плодов, дефростации, варки, обеззараживания, сушки. Токи СВЧ нашли применение в процессах сушки, пастеризации и стерилизации, приготовления пищи, дезинфекции и дезинсекции различных материалов, предпосевной обработке семян и пр. Приведенный перечень примеров применения электрической энергии в технологических целях охватывает далеко не весь спектр возможного использования, однако в достаточной мере свидетельствует о тенденции проникновения электротехнологии в сельскохозяйственные процессы и другие сферы производства.

1.2. Классификация электротехнологических процессов сельскохозяйственного производства

Рассмотрим более подробно область применения электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. В этой области кроме традиционных способов использования электроэнергии в животноводстве, птицеводстве и растениеводстве сформировался особый способ, в котором электроэнергия применяется не только как энергоноситель, но и как технологический фактор.

В зависимости от вида преобразованной энергии различают процессы электротермии, электрохимии, электрофизики, электробиологии и процессы электронно-ионной технологии, протекающие в различных средах и специфически воздействующие на продукт обработки. В сельском хозяйстве объектами электротехнологической обработки являются продукты растениеводства, полеводства и животноводства, корма, животные, почва, растения, жидкие, газообразные и пастообразные среды и т.д.

Большинство объектов электротехнологической обработки характеризуется ионной проводимостью, что позволяет интенсифицировать процессы массообмена в электрических полях, так как ионы – это не только заряженные частицы, но и частицы, обладающие значительной по сравнению с электроном массой. Процессы массообмена – движение ионов под воздействием электрического поля – играют важную роль при электротехнологической обработке растительных материалов.

Рассмотрим классификацию электротехнологических процессов с точки зрения воздействующего фактора (электрическое поле в качестве энергетического воздействия), базирующуюся на основных положениях электродинамики сплошных сред при различной интенсивности воздействия электромагнитного поля на обрабатываемый продукт. Непрерывность спектра электромагнитных волн может служить основой классификации электротехнологических методов обработки материала. Основопологающее уравнение Планка устанавливает взаимосвязь длины волны излучения и энергии кванта. Любой из этих указанных показателей может быть взят за основу предлагаемой классификации электротехнологических методов обработки растительных материалов, (длина волны характеризует действующий фактор, а энергия кванта – возможность различных превращений, в том числе физических, биологических и химических).

Для успешной реализации электротехнологических способов обработки сельскохозяйственных материалов необходимо математически описать технологический процесс. Построение математических моделей должно учитывать основополагающую информацию об электрофизических свойствах исследуемого объекта обработки и силового воздействия ЭМП на обрабатываемый материал. Однако в настоящее время отсутствуют универсальные методики расчета этих параметров, позволяющие построить математические модели исследуемых процессов и решить оптимизационные задачи такой технологии. В тоже время достоверно известно, что использование ЭМП различного диапазона частот дает возможность реализовать разнообразные технологии обработки биологических материалов. Успешная реализация конкретной электротехнологии определяется основными техническими и технологическими параметрами обработки: электрофизическими свойствами обрабатываемого материала и частоты ЭМП, удельной энергии (мощности), способа подвода и экспозиции электрической энергии.

В сельскохозяйственном производстве применяют различные виды воздействия электрических полей на помещенные в них объекты: тепловое, силовое, биологическое, электрохимическое, электрофизическое. Каждое воздействие электрического поля на биологический объект обработки характеризуется различными действующими электрическими факторами, которые необходимо выявлять и, в зависимости от цели обработки, конкретизировать.

1.3. Классификация обрабатываемых материалов с точки зрения воздействия электрических полей

Многообразие видов и способов обработки сельскохозяйственного сырья на основе использования электрических полей можно разбить на две большие группы: электроконтактный метод и обработка в высокочастотном и сверхвысокочастотном полях. Общими закономерностями для этих видов обработки является достаточно равномерный нагрев обрабатываемого материала по всему объему вне зависимости от коэффициентов электропроводности и толщины продукта обработки. Более того, нагрев в идеальных условиях осуществляется без температурного градиента ($dt/dx=0$), при этом обрабатываемым материалом поглощается значительная энергия за весьма короткие промежутки времени. Кроме того, изменением формы рабочего органа и типа электромагнитной волны, осуществляются режимы обработки с заранее намеченной неравномерностью с целью изменения структуры материала. Длительность такой обработки зависит только от подводимой мощности и не зависит от формы и объема

обрабатываемого материала, то есть ввод энергии осуществляется непосредственно в объект обработки. Это исключает влияние инерции нагревателя, а при сушке направление потоков тепла и влаги совпадает, что ускоряет течение процесса.

Микрочастицы, образующие объект обработки, обладают электрическими зарядами, которые по взаимодействию с внешним электрическим полем делятся на две группы: свободные заряды – свободно перемещаются под действием внешнего поля, и связанные заряды – по ряду причин резко ограничены в возможности перемещения. Заряды первой группы образуют ток проводимости, заряды второй группы – ток смещения.

Таким образом, при воздействии электрического поля на сельскохозяйственный материал возникают сложные процессы, связанные с наличием тока проводимости и тока смещения.

Это воздействие сопровождается возникновением полей температуры, влажности, механических деформаций, химических реакций и т.д. Кроме того, эти поля взаимодействуют друг с другом, вследствие чего первичное электрическое поле искажается. Но неравномерность электрического поля в большей степени определяется тем, что сельскохозяйственные материалы представляют собой неоднородную среду с неравномерно распределенными электрическими свойствами. Такая неоднородность и является источником образования механических напряжений и деформаций. Это явление часто приводит к разрыву и растрескиванию обрабатываемого материала. Совместное рассмотрение всех этих явлений очень затруднительно, поэтому приходится ограничиваться определенным кругом задач, выявляя основные из них.

Для характеристики биологических материалов с точки зрения способности их поглощать энергию электрического поля, а также для определения зависимостей распределения мощности и напряженности электрического поля в объекте обработки, для обоснованного выбора частоты рассмотрим относительную диэлектрическую проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь и активную удельную проводимость материалов, как наиболее значимые электрофизические свойства объектов обработки. Все эти показатели зависят от частоты, поэтому их абсолютное значение следует относить к конкретному участку диапазона частот.

Электромагнитный спектр приведен в таблице 1.2, а области электромагнитного спектра, имеющие значение для практического использования, приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.2

Электромагнитный спектр

| Диапазон волн | Низкочастотные волны | | <i>Радиоволны</i> | | <i>Ультрарадиоволны</i> |
|------------------|----------------------|--|-------------------|-------------------------------|---|
| Длина волн, см | 10^{10} | 10^9 10^8 10^7 | 10^6 | 10^5 10^4 | 10^3 10^2 10 1 $0,1$ $0,01$ |
| Частота, Гц | $3 \cdot 10^3$ | $3 \cdot 10^2$ $3 \cdot 10^3$ $3 \cdot 10^4$ | $3 \cdot 10^5$ | $3 \cdot 10^6$ $3 \cdot 10^7$ | $3 \cdot 10^8$ $3 \cdot 10^9$ $3 \cdot 10^{10}$ $3 \cdot 10^{11}$ $3 \cdot 10^{12}$ |
| Диапазоны частот | Промышленные | Звуковые | Высокие (ВЧ) | Ультравысокие | Сверхвысокие (СВЧ) |

Табл.1.3.

Области электромагнитного спектра, используемые в электротехнологических процессах

| Частота, Гц | Энергия кванта, эВ | Воздействующий фактор |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| 0 | 0 | Электростатическое поле |
| 0 | 0 | Постоянный ток |
| 50 | $2,07 \cdot 10^{-13}$ | Ток промышленной частоты |
| 10^3-10^{10} | $4,14(10^{-12}-10^{-5})$ | ВЧ и СВЧ |
| $4(10^{11}-10^{14})$ | $1,65(10^{-3}-1)$ | Инфракрасное излучение |
| $8(10^{14}-10^{17})$ | 3,3-414 | Ультрафиолетовое излучение |

При взаимодействии электрического поля с рассматриваемой средой возникают потери проводимости и диэлектрические потери. Связь между этими величинами выражается через тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ и через комплексную диэлектрическую проницаемость ε :

$$tg\delta = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon''} = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon'\varepsilon_0}, \varepsilon = (\varepsilon' - j\varepsilon'')\varepsilon_0 \quad (1.1)$$

Абсолютная величина $tg\delta$ позволяет оценить среду с точки зрения проводимости: проводящая среда – $tg\delta \gg 1$, полупроводящая среда – $tg\delta \approx 1$, диэлектрическая среда $tg\delta \ll 1$.

Сельскохозяйственные продукты обработки необычайно сложны по составу и обширны по ассортименту. Среди них встречаются диэлектрики, полупроводники и проводники, а также их композиции в различных сочетаниях, поэтому довольно сложно представить единое описание их электрофизических свойств, но, тем не менее, можно выявить основные закономерности, характеризующие электротехнологические процессы. Так, в постоянном электрическом поле заряженные частицы перемещаются, а дипольные молекулы ориентируются вдоль силовых линий.

При постоянном напряжении мембрана, окружающая клетку, ведет себя как диэлектрик (поверхностное сопротивление составляет порядка 10^8 Ом·м²). С увеличением частоты электрического поля значительно изменяются и электрофизические свойства материалов. В некотором приближении биологические материалы можно представить в виде трехфазной системы: одна фаза – межклеточная ткань – полупроводник с ионной проводимостью, вторая фаза – внутриклеточное вещество – электролит, третья фаза – оболочка растительной клетки – несовершенный диэлектрик.

Таким образом, воздействие электрического поля на биологические материалы будет проявляться в различной степени на каждую составляющую клетки, так как эти составляющие имеют различные показатели диэлектрической проницаемости и электропроводности.

При такой структуре обрабатываемого материала его электрофизические свойства зависят от системы координат и имеют разрывы в своих значениях, совпадающие с поверхностями раздела фаз. В области низких частот эта сложность структуры клетки проявляется более резко. Кроме того, электрофизические свойства обрабатываемого материала естественно должны исследоваться для конкретного диапазона частот, который определяется режимом обработки. Достоверно известно, что электрофизические свойства обрабатываемых материалов зависят не только от частоты, но и от степени измельчения продукта, влажности и плотности укладки. Эти технологические параметры и определяют степень неравномерности электрического поля при обработке.

Сельскохозяйственные материалы, подвергающиеся обработке в электрическом поле, условно можно разделить на две группы: к первой группе будем относить сельскохозяйственные материалы с влажностью 12...35 %, ко второй – материалы, у которых влажность составляет более 35 %. Такое условное деление растительных кормов основано на форме и энергии связи влаги с материалом. Различные формы связанной влаги обуславливают разные по величине и природе энергии связи с сухим веществом. Такое представление материалов очень важно с точки зрения воздействия ЭМП на обрабатываемый материал, так как электрофизические свойства этих материалов (удельная электропроводность и диэлектрическая проницаемость), исследуемые на различных диапазонах частот, раскрывают механизм воздействия на обрабатываемый материал и позволяют моделировать электротехнологические процессы.

По современному представлению различают следующие формы связи влаги с материалом в порядке убывания величины энергии связи: химическую (строго определенное стехиометрическое соотношение влаги и сухого вещества), включающую ионную и молекулярную связи; физико-химическую (различные, но не строго определенные соотношения), включающую адсорбционную и осмотическую связи; физико-механическую (неопределенное соотношение влаги и сухого вещества), включающую капиллярную влагу разных видов.

Приведенный анализ дает возможность рассматривать физику исследуемых процессов с точки зрения воздействия ЭМП различного диапазона частот с учетом электрофизических свойств обрабатываемого материала и представить электротехнологические процессы в виде обобщенной частотно-энергетической классификации (таблица 1.4).

Таблица 1.4

Обобщенная частотно-энергетическая система электротехнологических процессов в кормопроизводстве

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Удельная мощность* экспозиция, от.ед. | 4 группа 0,01...0,1 | | Сушка | Электро-плазмолиз | Сушка | Обработка отходов полеводства |
| | 3 группа 0,1...0,3 | | Электро-плазмолиз | Обработка отходов полеводства | Обработка отходов полеводства | Сушка |
| | 2 группа 0,3...0,5 | Электро-плазмолиз | Обработка отходов полеводства | Сушка | Дезинфекция, дезинсекция | Дезинфекция, дезинсекция |
| | 1 группа 0,5...0,8 | Обработка отходов полеводства | Дезинфекция, дезинсекция | Дезинфекция, дезинсекция | Электроплазмолиз | |
| Тип ЭМП | Электростатическое поле | Электрическое поле постоянного тока | Низкая частота, в т.ч. промышленная частота | Высокая частота | Сверхвысокая частота | |

Для одного и того же процесса можно использовать ряд методов, а также комбинировать различные методы обработки и идентичных результатов обработки добиваться при использовании различных методов. Следовательно, здесь особенно четко необходимо представлять механизм воздействия подводимой энергии с точки зрения изменения структуры материала, его структурно–механических и энергетических свойств, цели обработки, и весьма тщательно рассматривать энергетические и экономические затраты на реализацию того или иного способа обработки.

1.4 Электрокинетические процессы в различных средах под воздействием электроэнергии

В сельскохозяйственных электротехнологиях применяются различные формы электрической энергии:

- энергия электромагнитного поля разных частот;
- энергия электрического поля широкого спектра частот;
- энергия постоянного и переменного электрического тока от микро- до макровеличин, 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, повышением температуры и другими факторами. 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. Хорошим примером является очистка засоленной воды электродиализным процессом, представленным на рис.1.1.

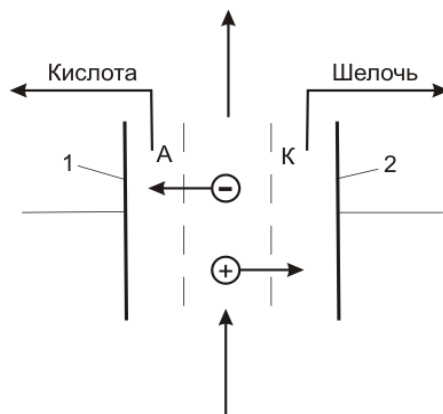


Рис.1.1. Схема трехкамерного диализатора: 1 – анод; 2 – катод; А и К – анионообменная и катионообменная мембраны.

Анолитовый р-р (кислый) обладает хорошими активирующими свойствами заживляющими раны, убивает бактерии, стимулирует процессы регенерации и развитие клеток живых организмов.

Католитовый (щелочной р-р) может быть использован как моющее средство, кроме того ускоряет биопроцессы силосования, процессы приготовления бетона и др.

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 220 В 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 градиента напряжения; длительности обработки; температуры; 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.

$$\tau = K/E^2; \quad (1.2)$$

где K – частотная характеристика плазмолиз, $V^2/c/cm^2$; E – напряженность электромагнитного поля V/cm рекомендуется $E \geq 2000 V/cm$.

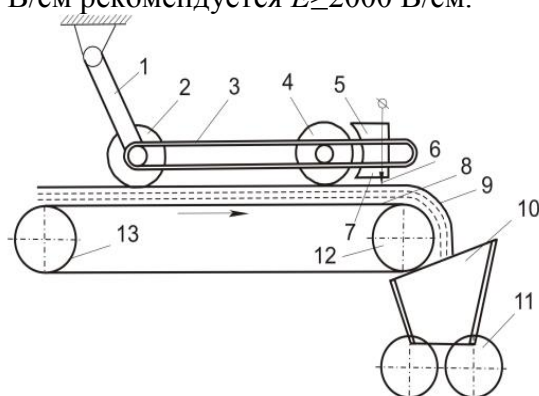


Рис.1.2. Схема установки для совместной электроискровой и механической обработки травы перед сушкой: 1 – тяга; 2 – заземленный ролик; 3 – изолирующая тяга; 4 – копирующий ролик; 5 – изоляционный корпус; 6 – электрод разрядника; 7 – отверстие; 8 – изоляционная транспортерная лента; 9 – обрабатываемая трава; 10 – бункер; 11 – плющильные вальцы; 12, 13 – барабаны транспортера.

Плазмолиз получил название из-за отслоения протопласты клетки от ее оболочки, сопровождающийся сжатием протоплазмы в результате чего освобождается связанная внутри клетки вода. При этом ускоряются процессы сушки, а также улучшается соковыделение при переработке сельхозпродукции – фруктов и овощей (рис.1.2). Плазмолиз проводят в специальных электроплазмолизаторах вальцевого типа. Цилиндры – электроды 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 $E=700 V/cm = 70 kV/m$ 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.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите характерные электротехнологии предприятий АПК.
2. Приведите диапазоны частот электромагнитного поля, используемые в электротехнологиях.
3. Перечислите области применения электростатического поля в сельскохозяйственных электротехнологиях.
4. Классификационные признаки электротехнологических процессов сельхозпроизводства.
5. Приведите классификационные признаки обрабатываемых материалов по взаимодействию с электрическими полями.
6. Перечислите формы связи влаги в материале.
7. Комбинированные методы обработки сельскохозяйственной продукции.
8. Пути и подходы к энергосбережению в существующих электротехнологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология [Текст]: учебник для вузов /Л. А. Баранов, В. А. Захаров. - М.: КолосС, 2006. - 343 с. : ил. – 2000 экз.–ISBN5-9532-0373-х.
2. **Багаев, А. А.** Электротехнология [Текст]: учебное пособие / А. А. Багаев, А. И. Багаев. – Барнаул.: АГАУ, 2006. – 320 с.: ил. – 10000 экз.– ISBN5-93957-135-2.
3. **Баев, В.И.** Практикум по электрическому освещению и облучению [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.И. Баев. – М.: КолосС, 2008. – 190 с.: ил.–10000 экз. – ISBN 978-5-9532-0593-1.

Дополнительная

1. **Зайцев, В.Е.,** Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок [Текст] / В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова. – М.: Академия, 2008. – 128 с.
2. **Савицкас, Р.К.** Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве [Текст]: учеб. пособие / Р.К. Савицкас, В.В. Картавец. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – 62 с.

Лекция 2

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССА СУШКИ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДВОДА ТЕПЛА

2.1. Виды лекарственных растений, классификация по ботаническим и иным признакам. Особенности сушки лекарственных растений и требования, предъявляемые к их сушке.

На территории России произрастает более 20 тыс. видов низших и высших растений, из которых 2500 обладают лекарственными свойствами. В официальной медицине используют около 240 видов. Биологически активные вещества в растительном организме накапливаются в различных его частях и в определенные периоды развития растений. У одних видов растений лекарственные вещества накапливаются в почках, листьях и стеблях, у других - в цветках или плодах, у третьих – в корнях или в коре, причем количество их в различные фазы вегетации растения не остается постоянным, а порой колеблется даже в течение дня. В связи с этим обычно собирают лишь те части растений, которые содержат наибольшее количество лечебных веществ. При несвоевременном сборе могут быть заготовлены растения с наименьшим содержанием активных соединений, поэтому их ценность будет незначительной. Время и место накопления биологически активных веществ в растениях фактически определяют срок его заготовки.

В качестве лекарственного сырья используют различные части растений – корни, цветы, семена, плоды, ягоды. Способы сбора каждого из них имеют существенные различия по отношению друг к другу. То же относится к сезону сбора и от того, в какое время дня собирается то или иное растение.

Почки. В качестве лекарственного сырья используют почки березы, тополя и сосны. Собирают их ранней весной, когда они набухают, но еще не тронулись в рост; обычно это бывает в марте – апреле. Крупные почки (сосновые) срезают ножом, мелкие (березовые) обмолачивают после сушки ветвей.

Кора. Кору деревьев и кустарников – дуба, калины, крушины – следует собирать весной, в период усиленного соковыделения. В это время она легко отделяется от древесины. Позже, в конце весны и летом, когда рост прекращается, кора не снимается. Чтобы снять кору на молодых отрубленных или отрезанных ветках, острым ножом делают кольцевидные надрезы на расстоянии 25-50 см один от другого, соединяют их одним или двумя продольными надрезами, а затем снимают в виде желобков или трубочек. Если кора покрыта наростами кустистых лишайников, то их надо предварительно тщательно очистить ножом; в противном случае можно испортить сырье, не получив из него полноценного лекарства.

Листья. Сбор листьев ведут в период бутонизации и цветения растений. Делают это в сухую погоду, обрывая листья руками. Обычно собирают только развитые прикорневые, низкие и средние стеблевые листья. Листья, поблекшие и тем более увядающие, облепленные насекомыми или пораженные грибами, собирать нельзя - полноценного лекарства из них не получится.

Травы собирают обычно в начале цветения, у некоторых видов – при полном цветении. Срезают их серпами, ножами или секаторами без грубых приземных частей.

Иногда при густом стоянии трав растения скашивают косами или серпами и затем выбирают из покосов. В последнее время их сбор производится механизировано.

Цветки и соцветия надо собирать в начале цветения. В этот период цветы содержат больше действующих веществ, меньше осыпаются при хранении, лучше выдерживают сушку и сохраняют свою окраску. Цветы собирают вручную, ощипывая их и обрывая цветоножки. Иногда для сбора соцветий пользуются специальными приспособлениями - совками. Так, например, нарезными совками собирают соцветия аптечной ромашки.

Плоды и семена. Наиболее богаты лекарственными веществами созревшие плоды и семена, поэтому их собирают выборочно, по мере полного созревания, обрывая вручную, без плодоножки. У рябины, тмина и других растений, у которых плоды расположены в зонтиках или щитках, их так и обрывают, а затем после подсушивания тщательно отделяют от плодоножек. Плоды шиповника рекомендуется собирать вместе с остатками чашечки, которая у них остается сверху плода. Эту чашечку удаляют уже после подсушивания, перетирая плоды руками. Особенно трудно собирать сочные плоды - чернику, малину, землянику. Укладывая их в корзину, каждый слой нужно прокладывать веточками, чтобы плоды не слеживались и не давились.

Корни, корневища, луковицы собирают обычно в период отмирания надземных частей, когда растения переходят в период покоя (конец лета - осень). Их можно собирать и ранней весной до начала отрастания надземных органов, но весной период заготовки очень короткий (несколько дней). Сбор корней напоминает уборку урожая корнеплодов. Выкапывают их лопатами, иногда вытягивают из рыхлой почвы вилами или граблями. Корневища и корни сначала отряхивают от земли, а затем начисто промывают в воде. Если заготовка имеет более или менее значительный масштаб, промывку лучше всего вести в больших плетеных корзинах в проточной воде. Промытые корни тут же раскладывают на рогоже, чистой траве, мешковине или бумаге и подсушивают. Затем корни и корневища очищают от остатков стеблей, мелких корешков, поврежденных или сгнивших частей и доставляют к месту окончательной сушки.

Вещества лекарственных растений, обладающие лечебными свойствами и представляющие интерес для медицины и химической промышленности, обычно называют действующими веществами. О качестве растительного сырья судят по их содержанию. Действующие вещества относятся к различным классам органических соединений. Наиболее часто лечебное действие растений обуславливается гликозидами, дубильными веществами, алкалоидами, эфирными маслами и другими веществами.

Рассмотрим, в качестве примера некоторые виды лекарственных растений с действующими веществами.

Пустырник пятилопастной

Пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* Ceilib) – многолетнее травянистое растение из семейства губоцветных. Стебель четырехгранный, ребристый, достигает высоты 2 м., прямостоячий, ветвящийся, покрыт длинными оттопыренными волосками. Листья сверху ярко-зеленые, снизу светлые, покрыты волосками. Стеблевые листья на длинных черешках, на 2/3 пятирассеченные продолговато-ромбические, с короткими черешками. Соцветие длинное с расставленными луковками. Венчик розово-фиолетовый, длиной 12 мм. Все растение имеет сероватый цвет от волосков, покрывающих его органы. Плод, распадающийся на четыре орешка, имеющих форму трехгранной усеченной пирамиды длиной 2-3 мм. Вес 1000 семян 0,8-1 г. Пустырник произрастает на всей территории России, кроме Севера.

С лечебными целями применяется трава – верхушки стеблей с листьями и цветками. Трава содержит флавоноиды, сапонины, гликозиды, дубильные вещества, сахара, эфирное масло, витамины А и С. Настойка пустырника является хорошим седативным средством. Ее применяют при сердечно-сосудистых неврозах, при вегетативно-дистонических расстройствах, гипертонии, при легких формах базедовой болезни, а также как маточное, успокаивающее, снотворное.

Ромашка аптечная

Ромашка аптечная (*Matricaria recutita* L.) – однолетнее травянистое растение из семейства сложноцветных. Стебель круглый, прямостоячий, высотой 30-60 см, с большим количеством ветвей. Листья очередные, сидячие, двояко-перисторассеченные, с узолинейными остроконечными дольками. Главный стебель и боковые побеги заканчиваются одиночными некрупными цветочными корзинками, состоящими из 12-18 белых язычковых краевых цветков и многочисленных средних желтых трубчатых цветков. Цветоложе у распускающихся корзинок полушаровидное, к окончанию цветения удлиняется до узкоконического, высотой 4-6 мм, внутри полое. Плод – продолговатая семянка, немного согнутая на верхушке, косо усеченная, с наружной стороны гладкая, с внутренней – с 3-4 продольными белыми ребрышками. Вес 1000 семян 0,038-0,077 г. Произрастает ромашка в средней полосе России, вдоль побережья Черного и Азовского морей.

В лечебных целях применяются цветочные корзинки, пежекорни. Цветочные корзинки содержат эфирные масла 0,2-0,8 %, горечи, слизи, белки, флавоноиды, кумарины, салициловую кислоту, витамины. Применяют при противовоспалительных, слабительных, слабоязущих, успокаивающих, желчегонных процессах. Ромашка пользуется большим спросом в парфюмерии (крем, тоник, шампунь).

Шалфей лекарственный

Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) – полукустарник из семейства губоцветных высотой до 30-70 см. Побеги многочисленные, густолиственные, листья сравнительно мелкие, длиной 4-8 см. и шириной 2-4 см., густо покрыты волосками, что придает им серо-зеленую окраску. Цветки на коротких цветоножках, собраны по 6-10 в ложные мутовки, образующие рыхлое колосовидное соцветие. Чашечка длиной 9-10 мм, двугубая, опушенная, с многочисленными железками. Венчик сине-фиолетовый, двугубый, длиной 20-25 мм. Плод состоит из черных орешков темно-бурого или черного цвета. Вес 100 орешков 7-9 г. В диком виде шалфей распространен в Средиземноморье, Поволжье.

В медицине используется трава – стебли, листья, цветки. Листья шалфея содержат до 2 % эфирного масла, дубильные вещества, органические кислоты. Настой их применяют в качестве вяжущего, дезинфицирующего и противовоспалительного средства для полоскания полости рта горла при стоматитах и катарах верхних дыхательных путей. Шалфей обладает аппетитным, успокаивающим, подавляет потовыделение, ослабляет деятельность молочных желез. Эфирное масло используют для ароматизации зубного порошка.

Ноготки лекарственные (календула)

Ноготки лекарственные (*Calendula officinalis* L.) – однолетнее растение из семейства сложноцветных. Корень стержневой, ветвистый. Стебель прямостоячий, высотой 20-60 см., покрытый волосками, ветвистый почти от основания. Листья очередные, удлиненные, длиной от 3 до 13 см., нижние – черешковые, верхние – сидячие. Цветки собраны в крупные корзинки, достигающие 7,5 см. в диаметре у махровых форм и 5 см. у немахровых; корзинки расположены одиночно на концах стебля и его разветвлений.

Краевые цветки – язычковые, пестичные, оранжево-красной окраски; срединные – трубчатые, тычиночные, коричнево-красной или оранжевой окраски. Плоды-семянки разной формы и величины: продолговатые, серповидно-изогнутые, крылатые длиной 14-18 мм и серповидно-крючкообразные длиной 7-30 мм. Вес 1000 семян 8-15 г. В диком виде ноготки произрастают в Средиземноморских странах. Выращивать их можно во многих районах России.

Лекарственным сырьем служат язычковые цветки и целые цветочные корзинки. Содержат горькое вещество календии, слизистые вещества, смолы, органические кислоты, фитанциды. Препараты из них применяют наружно для лечения ожогов, длительно не заживающих ран и свищей, для полоскания горла при стоматитах, ангинах. Их также используют при некоторых болезнях внутренних органов: при сердечных заболеваниях, болезнях печени и желчных путей, гастритах, а также как симптоматическое средство при неоперабельных формах рака. Установлено, что препараты из ноготков обладают успокаивающим действием на центральную нервную систему. Сильно выражены бактерицидные свойства этого растения в отношении некоторых возбудителей, особенно стафилококков и стрептококков. Календулу широко используют в парфюмерии (крем, тоник, лосьон).

Требования к сушке. Важным звеном заготовок лекарственного сырья является сушка. В свежесобранных растениях продолжают биохимические процессы, протекающие под влиянием ферментов, в результате которых действующие вещества разлагаются, а сырье буреет, покрывается плесенью и теряет товарные качества. Деятельность ферментов и микроорганизмов осуществляется только в присутствии достаточного количества влаги, поэтому для подавления ее необходимо быстро удалить лишнюю влагу из сырья, то есть сырье высушить. Листья, цветы и травы сушат в тени, потому что сырье пересыхает на солнце, утрачивает зеленый цвет и одновременно теряет свои лечебные свойства. Плоды, семена, корни сушат на солнце, т.к. они содержат алкалоиды, дубильные вещества и при этом не теряют действующих веществ.

Создание единой технологии сушки лекарственного сырья затруднительно, так как эти растения крайне разнообразны и сушке подвергаются самые различные их части. Для того чтобы получить качественный продукт к режимам сушки имеются некоторые требования: предварительное измельчение, температура воздуха внутри сушильной камеры должна не превышать 60 °С, удаление испаряющейся влаги из растений, сохранение активных компонентов и т.п. Сырье, содержащее эфирные масла, нужно сушить при температуре 30-40°С, слой 10-15 см, чтобы предотвратить испарение эфирного масла. Сырье, содержащее гликозиды сушить при температуре 50-60 °С. Сырье, содержащее алкалоиды до 50 °С. И сырье, содержащее аскорбиновую кислоту сушить при температуре 80-90 °С.

2.2 Конструкция инфракрасной сушильной установки

Эффективен способ сушки продуктов растительного происхождения, основанный на сочетании радиационного и конвективного подвода теплоты к сушимому материалу и выборе длины волны ИК-излучателя в соответствии с наибольшей поглощательной способностью продукта.

Предлагаемая технология сушки предполагает обязательное выполнение последовательных операций для достижения высоких удельных выходных показателей процесса

Толщина слоя продукта 13 на сетчатых поддонах 3 выбирается так, чтобы достигалось наибольшее проникновение ИК-лучистого потока в сушимый материал (рис. 2.1). Экспериментально установлено, что при этом обеспечивается такая спектральная чувствительность продукта, при которой создаваемое нагревателем ИК-излучение интенсивно поглощается продуктом и вызывает наибольший его нагрев. Так, например, для большинства корнеплодов – морковь, свёкла, корень валерианы и др. – длина волны, соответствующая наибольшей поглощательной способности, лежит в пределах $\lambda=3,7...4,5$ мкм, что соответствует средневолновому диапазону ИК-излучения.

Под этот диапазон волн, соответствующий наибольшей поглощательной способности продукта, настраивается ИК-излучатель 5. Эту операцию можно выполнить путем установления необходимой температуры ИК-нагревателей, используя критериальное уравнение смещения В.Вина $\lambda_{\max}=2896/T$, где λ_{\max} – длина волны ИК-лучистого потока, на которую приходится максимум излучения; 2896 – постоянная Вина; T – абсолютная температура излучателя.

Таким образом, для получения длины волны λ_{\max} , на которую приходится максимум ИК-излучения и обеспечивается наибольшая поглощательная способность объекта сушки, необходимо изменять абсолютную температуру T нагревателя, например, путем изменения питающего напряжения U в заданных пределах ΔU .

Включение ИК-источников 5 с плотностью теплового потока $Q=4,5...8,5$ кВт/м² обеспечивает прогрев сушимого материала до температуры продукта $t_{\text{нагр}}=0,8...0,9t_{\text{пр}}$, где $t_{\text{пр}}$ – предельно допустимая температура сушки для данного материала при длительности воздействия $T_{\text{нагр}}$, не превышающей $T_{\text{нагр}}=0,55...0,65T_{\text{ц}}$, где $T_{\text{ц}}$ – время сушки растительного сырья; $T_{\text{ц}}=20$ мин.

Следующим этапом является охлаждение нагретого в ИК-лучах продукта путем продува через него нагнетаемого вентилятором 15 воздуха при выключенных нагревателях 5. При этом температура поверхностного слоя сушимого материала понижается до $t_{\text{охл}}=0,4...0,6t_{\text{пр}}$. Длительность периода охлаждения $T_{\text{охл}}$ выбирается в диапазоне $T_{\text{охл}}=0,05...0,15T_{\text{ц}}$.

В результате обдува возникает перепад температур между внутренними и поверхностными слоями продукта, в результате чего образуется температурный напор, направленный из глубины слоев сушимого материала к его поверхностным слоям. Это совпадает с направлением выхода свободной влаги из продукта на его поверхность. Таким образом, чем больше разность температур между наружными и внутренними слоями, тем сильнее напор свободной влаги из глубины продукта на его поверхность. Этим достигается необходимое условие интенсификации процесса удаления свободной влаги из продукта.

Заключительным этапом процесса сушки является удаление выступившей на поверхность продукта влаги за пределы сушильной камеры 7 через боковые жалюзи 14. Операция реализуется продувкой через сушимый материал, подогретого с помощью калорифера 16 до $45...55$ °С и нагнетаемого в сушильную камеру через воздухопровод 1 вентилятором 15 воздуха, имеющего относительно низкое влагосодержание. При этом обеспечивается интенсификация всего процесса сушки продуктов растительного происхождения, снижается энергоёмкость и повышается качество сушимого материала.

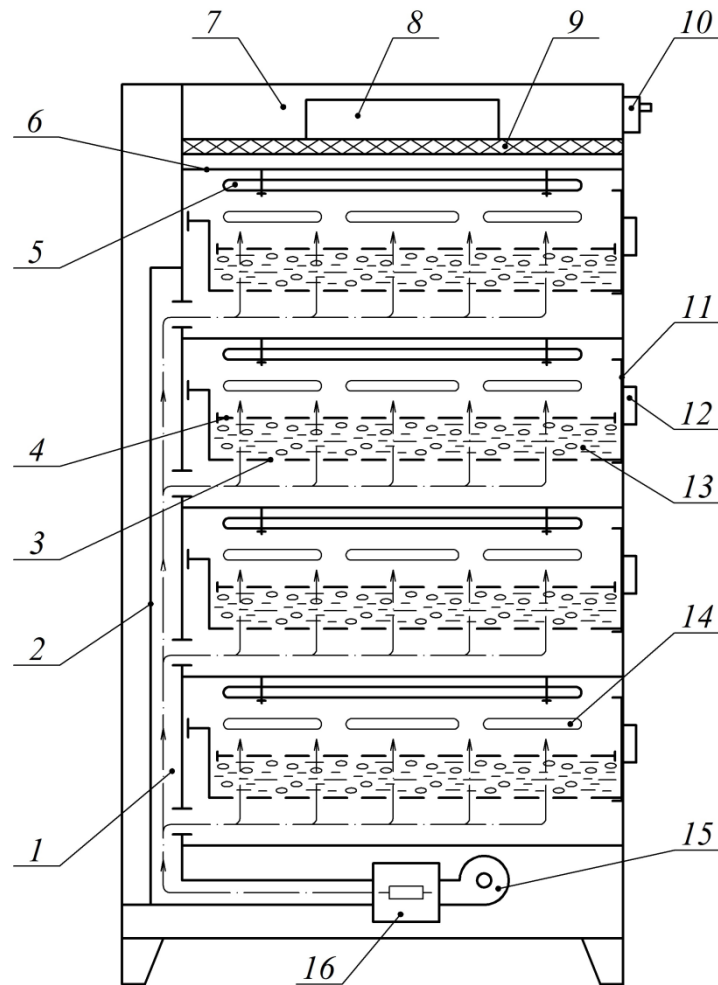


Рис.2.1 Сушильный шкаф: 1 – воздуховод; 2 – стойка; 3 – решетчатое дно контейнера; 4 – решетчатая прижимная панель; 5 – ИК-нагреватели; 6 – алюминиевый экран; 7 – корпус шкафа; 8 – блок автоматического управления; 9 – теплоизоляция; 10 – органы управления; 11 – выдвижной ящик – контейнер; 12 – ручка контейнера; 13 – сушимый материал; 14 – боковые жалюзи; 15 – центробежный вентилятор; 16 – электрокалорифер.

2.3 Функциональная схема системы для сушки продуктов растительного происхождения

Для автоматического контроля времени процесса и температуры растительного сырья на каждом этапе сушки представляется эффективным применение специальных контроллеров. Функциональная схема системы автоматического регулирования представлена на рис.2.2. Регулятор работает в режиме двухпозиционного регулирования, однако при необходимости можно применить другие законы регулирования, что позволяет гибко управлять сложным технологическим процессом.

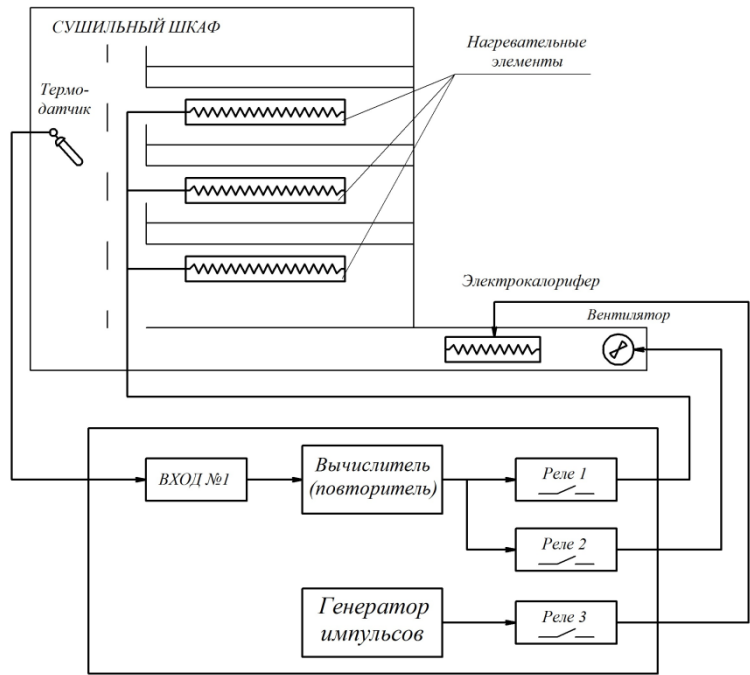


Рис.2.2. Функциональная схема системы для сушки продуктов растительного происхождения

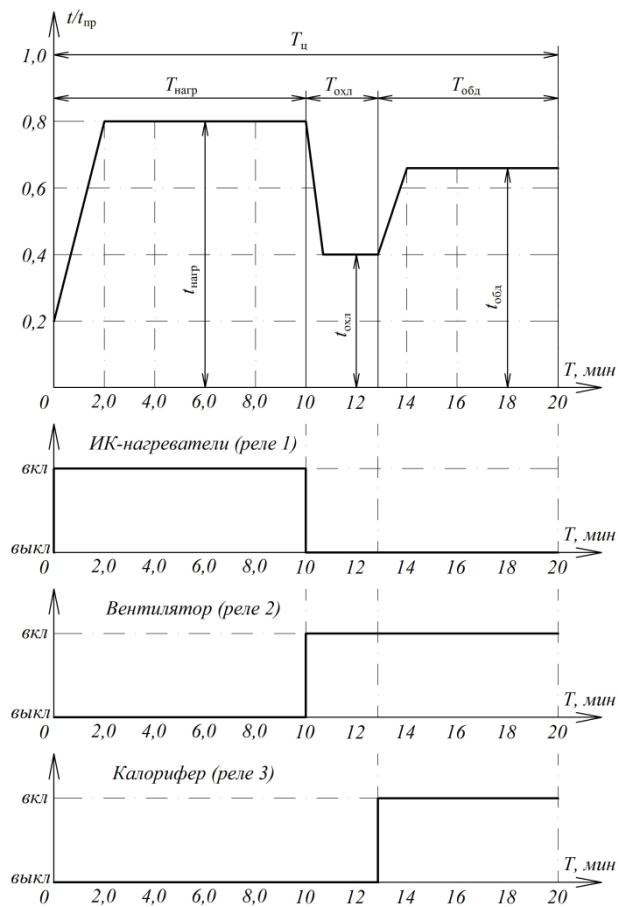


Рис.2.3 Циклограммы для настройки регулятора.

Температурный режим в сушильном шкафу поддерживается в соответствии с графиком (рис.2.3).

Двадцатиминутные циклы сушки (см. рис.2.3) повторяются до тех пор, пока продукт не достигнет кондиционной влажности 12...15 %.

Временные циклы операций – ИК-нагрева $T_{\text{нагр}}$, конвективного охлаждения $T_{\text{охл}}$, обдува подогретым воздухом $T_{\text{обд}}$ – уточняются экспериментально для каждого продукта.

Таким образом, предлагаемый способ сушки продуктов растительного происхождения позволяет повысить качество сушеного материала, уменьшить энергозатраты.

Вопросы для самоконтроля

1. Конструкция инфракрасной сушильной установки
2. Функциональная схема системы для сушки продуктов растительного происхождения
3. Циклограммы для настройки регулятора

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бородин, И.Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст] / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев – М.: КолосС, 2005. – 352с.: ил. – 1000 экз. – ISBN: 5-9532-0140-0.
2. **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология [Текст]: учебник для вузов /Л. А. Баранов, В. А. Захаров. - М.: КолосС, 2006. - 343 с. : ил. – 2000 экз.–ISBN5-9532-0373-х.
3. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Е.А. Четвериков, Т.В. Улыбина. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 108 с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0691-6.

Дополнительная

1. **Карташов, Б.А.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов. – М.: КолосС, 2009. – 184с. : ил. –1000 экз.
2. **Усанов, К.М.** Автоматика [Текст]: учеб. пособие для вузов/ К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008 – 108 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0545-2.
3. **Савицкас, Р.К.** Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве/ Р.К., Савицкас, В.В. Картавцев Учеб. пособие. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – 62 с.

Лекция 3

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИВОЧНОГО МАСЛА

3.1 Анализ электрооборудования для получения сливочного масла

Анализ существующих технических средств для производства сливочного масла показал, что применяемые в практике устройства классифицируются по способу получения масла, по режиму работы, по принципу действия, по форме рабочей емкости (рис.3.1).

В зависимости от способа концентрации жира и формирования структуры продукта различают устройства, реализующие получение масла сбиванием заранее подготовленных сливок в маслообразователях периодического и непрерывного действия и преобразованием высокожирных сливок в специальных аппаратах маслообразователях.

Маслоизготовители непрерывного действия являются частью больших поточных линий по производству масла на крупных предприятиях, что затрудняет их применение в условиях индивидуальных и фермерских хозяйств.

Маслоизготовители периодического действия характеризуются механическим или электромеханическим принципом работы с вращательным движением рабочих органов или самой емкости, которая по форме бывает кубической, конической, грушевидной, цилиндрической.

Механические ручные маслоизготовители марок Г-6-МБ-1 и Г6-МБ-2 предназначены для производства сливочного масла в фермерских и личных подсобных хозяйствах. Однако они имеют низкую производительность, и требуют относительно больших физических затрат.

Сравнение показывает, что маслоизготовители периодического действия с различной формой рабочей емкости имеют, в среднем, общую вместимость $30 \div 2000$ л, массу $25 \div 1800$ кг и привод с асинхронным электродвигателем, реализующим различное число скоростей вращения (от 2 до 4) рабочего органа. Частота вращения маслоизготовителей периодического действия ограничена. Ее устанавливают с таким расчетом, чтобы возникающее при вращении центробежное ускорение было меньше ускорения свободного падения.

В настоящее время в индивидуальных и фермерских хозяйствах применяются маслоизготовители вращательного действия с приводом от асинхронных электродвигателей, мощностью $0,4 \div 6$ кВт.

В таких установках механическое воздействие на оболочки жировых шариков осуществляется однонаправленным вращением рабочих органов или самой емкости.

С целью интенсификации процесса получения масляного зерна и снижения на 25-30 % энергозатрат представляется перспективной замена асинхронного двигателя импульсным линейным электромагнитным двигателем (ЛЭМД), обеспечивающим возвратно-поступательное движение рабочего органа (РО).

В таком маслоизготовителе направление воздействия РО на оболочки жировых шариков будет регулярно меняться.

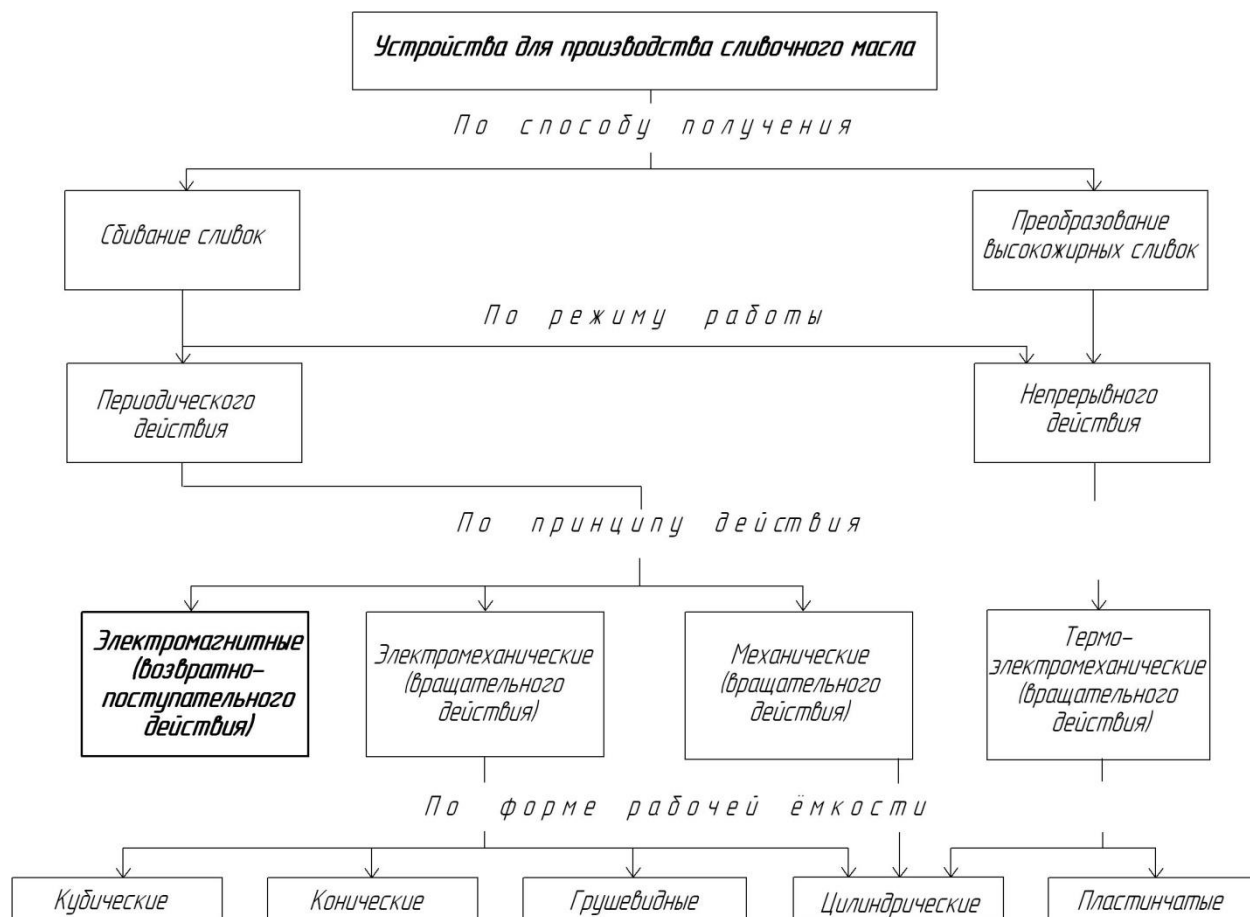


Рис.3.1. Классификация устройств для производства сливочного масла

Как видно из табл.3.1, электромагнитные маслоизготовители выгодно отличаются от электромеханических соотношением объёма рабочей ёмкости и мощности электропривода к массе всей установки, что удешевляет их изготовление и повышает рентабельность производства. Маслоизготовитель с импульсным ЛЭМД позволяет плавно и в широком диапазоне регулировать частоту ходов рабочего органа, исключить влияние центробежной силы на процесс получения масла, что создает предпосылки к повышению производительности установки и снижению энергозатрат по сравнению с существующими электромеханическими приводами.

3.2 Применение линейных электромагнитных двигателей для получения сливочного масла

Структурная схема маслоизготовителя с ЛЭМД представлена на рис.3.2.

Использование традиционных конструкций ЛЭМД в маслоизготовителях нецелесообразно, поскольку сила сопротивления сливок F_{CC} значительно меньше механической силы $F_{МЕХ}$, развиваемой двигателем ($F_{CC} \ll F_{МЕХ}$) и по технологии процесса требуемая частота воздействий составляет 40-60 возд./мин.

Лучшего согласования значений F_{CC} и $F_{МЕХ}$ и повышения эффективности работы машины можно добиться, применив в маслоизготовителе обращенный ЛЭМД. Характерным для такого двигателя является возможность согласования сил, обеспечивающих механическое движение якоря в рабочем цикле ЛЭМД. В отличие от

ЛЭМД ударных машин будем называть движение якоря при подаче питающего импульса в обмотку прямым ходом, а движение по окончании импульса – обратным.

Таблица 3.1 Технические показатели маслоизготовителей

| Показатели | Электромеханические | | | | | | | | Электромагнитные |
|-------------------------------|---------------------|-----|------|------|-----|------|-----|------|------------------|
| | 1 | 1,1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 0,03 | 1,3 | 0,1 | |
| Объем рабочей ёмкости, куб.м. | 1 | 1,1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 0,03 | 1,3 | 0,1 | 0,5 |
| Установленная мощность, кВт | 2,8 | 3 | 6,2 | 0,5 | 1,5 | 0,9 | 1,1 | 0,75 | 0,6 |
| Масса, кг | 700 | 880 | 2270 | 480 | 558 | 300 | 300 | 130 | 200 |

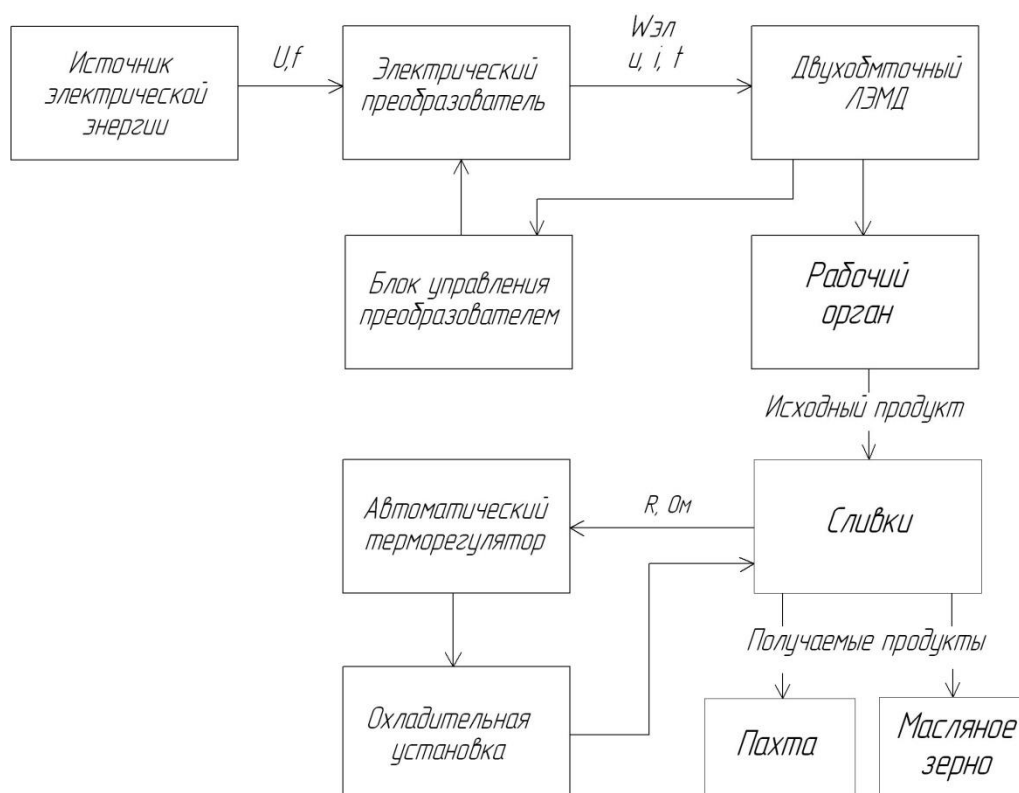


Рисунок 3.2 Структурная схема маслоизготовителя с ЛЭМД

Маслообразователь с двухобмоточным импульсным ЛЭМД осуществляет дискретное потребление и преобразование электрической энергии в механическую работу. Импульсное дозирование потока передаваемой источником в маслообразователь энергии обеспечивается электрическим преобразователем.

С целью расширения функциональных возможностей ЛЭМД в приводе маслообразователя и интенсификации образования масляного зерна предложена система с линейным двухобмоточным электромагнитным двигателем с

возможностью поворота размещённого на оси рабочего органа РО, представляющего собой набор крестовин (рис. 3.3).

Основными элементами системы являются: маслообразователь периодического действия (МП), импульсный электрический преобразователь ИЭП, секционированные емкостные накопители энергии ЕНЭ и прерыватель постоянного тока ППТ.

Питание осуществляется импульсами выпрямленного напряжения от сети переменного тока напряжением 220 В промышленной частоты 50 Гц. Секционированные ЕНЭ непрерывно заряжаются от источника ИП через АС-DC преобразователь. Формирование усилий, необходимых для обработки сливок, обеспечивается подачей в обмотки ЛЭМД совокупности кратковременных питающих импульсов напряжения через коммутирующий элемент ППТ, управляемый ИЭП,

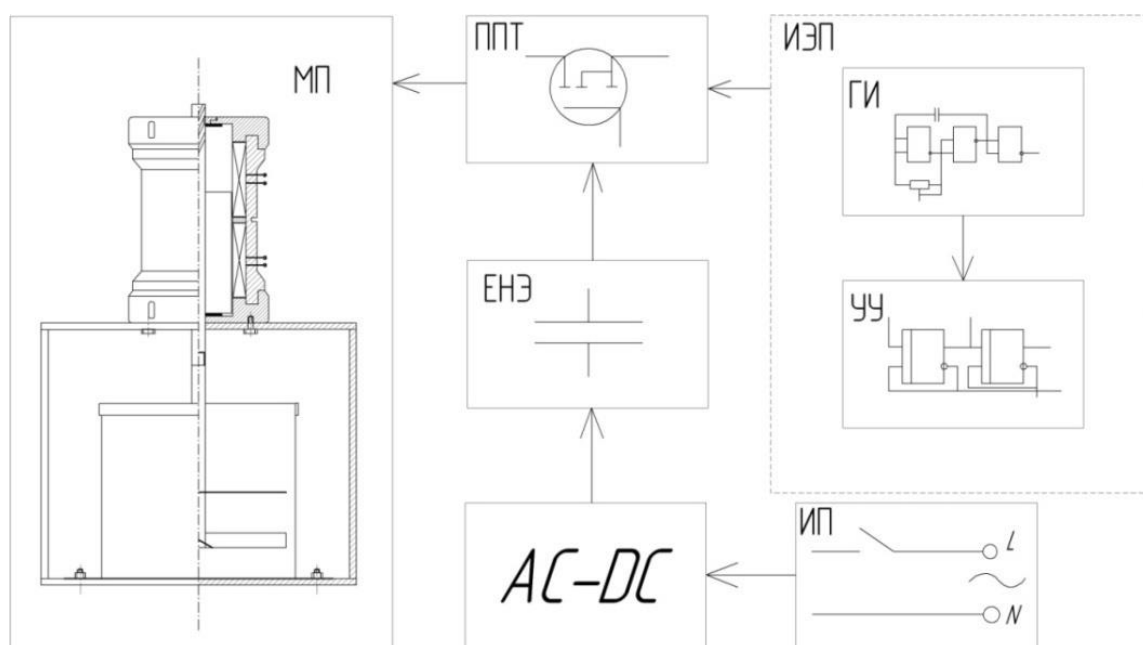


Рисунок 3.3 Структурная схема системы с двухобмоточным ЛЭМД

Полагая рабочее положение установки вертикальным баланс сил в момент начала движения якоря вверх (рис.3.4):

$$F_{\text{Э}} = m(d^2x/dt^2) + F_{\text{СС}} + F_{\text{ТР}} + F_{\text{ТЯЖ}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{Э}}$ – электромагнитная сила; m – масса якоря и взаимодействующих с ним элементов; $F_{\text{СС}}$ – сила сопротивления сливок; $F_{\text{ТР}}$ – сила трения (якоря и т.п.); $F_{\text{ТЯЖ}}$ – сила тяжести якоря и взаимодействующих с ним элементов.

Баланс сил в момент начала движения якоря вниз:

$$F_{\text{Э}} = m(d^2x/dt^2) + F_{\text{СС}} + F_{\text{ТР}} - F_{\text{ТЯЖ}}, \quad (2)$$

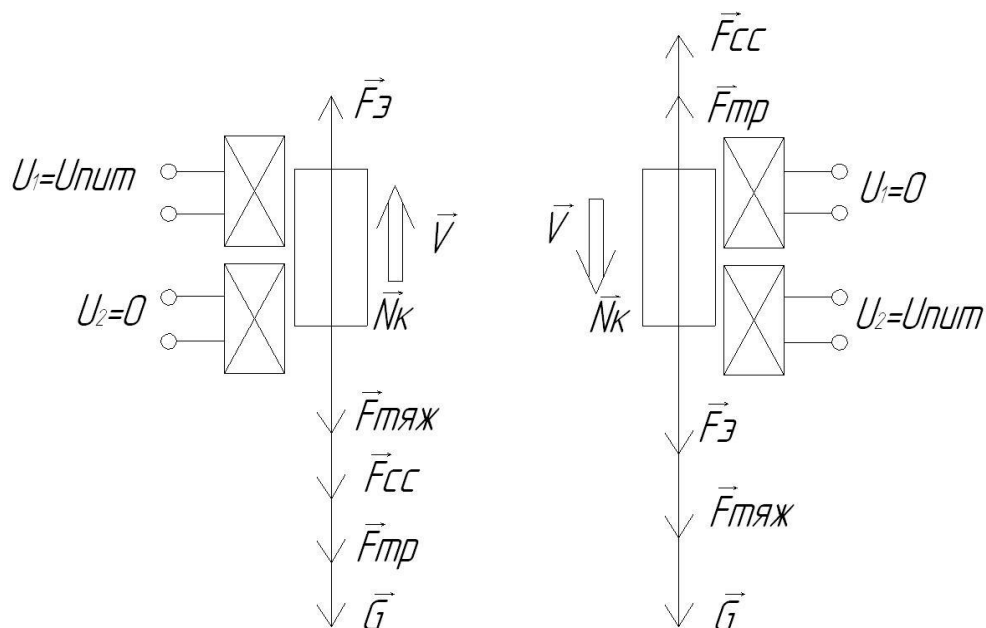


Рисунок 7.4 Расчетная схема сил

Маслообразователь периодического действия с двухобмоточным ЛЭМД показан на рис. 3.5. Устройство содержит статор 3, в расточке которого помещены верхняя 4 и нижняя 7 цилиндрические многослойные обмотки, разделенные магнитной прокладкой 6, якорь 5 с верхним 1 и нижним 9 направляющим стержнем. Верхний направляющий стержень снабжен направляющими шлицами. На торце нижнего стержня находится РО 10. В верхней части статора 3 размещена направляющая втулка 2, обеспечивающая поворот якоря 5 и РО 10. Обрабатываемый продукт находится в ёмкости 11.

Маслообразователь работает следующим образом. В исходном состоянии якорь ЛЭМД 5 и РО 10 находятся в крайнем нижнем положении. При подключении верхней обмотки 4 к источнику питания якорь 5 под действием электромагнитной силы втягивается в обмотку, перемещая РО в осевом направлении с поворотом на угол 25-30°. При отключении верхней обмотки 4 и достижения якорем крайнего верхнего положения к источнику питания подключается нижняя обмотка 7. Якорь втягивается в обмотку, возвращая РО в исходное положение. Далее цикл повторяется. Создаваемые крестовиной воздействия в прямом и обратном направлениях на обрабатываемые в рабочей ёмкости 11 сливки приводят к разрушению оболочек жировых шариков и, как следствие, к образованию конечного продукта – сливочного масла.

По окончании цикла сбивания производится удаление пахты и масляного зерна из рабочей ёмкости.

Система с линейным двухобмоточным электромагнитным двигателем с функцией поворота рабочего органа позволит интенсифицировать процесс сбивания сливок, что создаст предпосылки повышения производительности установки и снижению энергозатрат по сравнению с существующими электромеханическими приводами.

На рисунке 3.6 показана конструкция поворотного механизма ЛЭМД, заключающаяся в наличии на валу двигателя 1 резьбы и втулки 2 с направляющей на

ней. Наличие данного механизма позволяет на холостом и рабочем ходах двигателя обеспечивать вращательное движение вала 1 и РО 10, что в свою очередь приводит к интенсификации рабочего процесса обработки сливок.

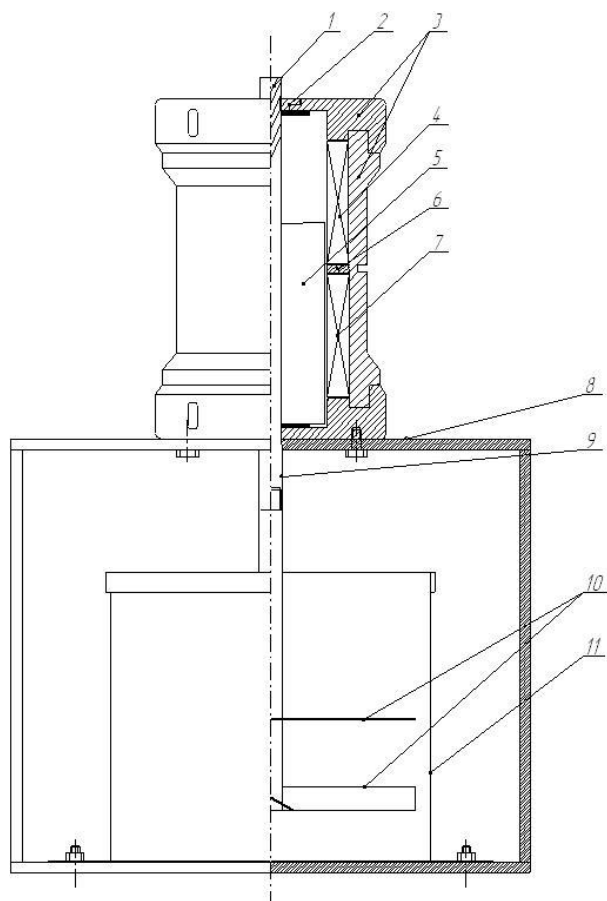


Рисунок 3.5. Маслообразовательный агрегат с двухобмоточным ЛЭМД

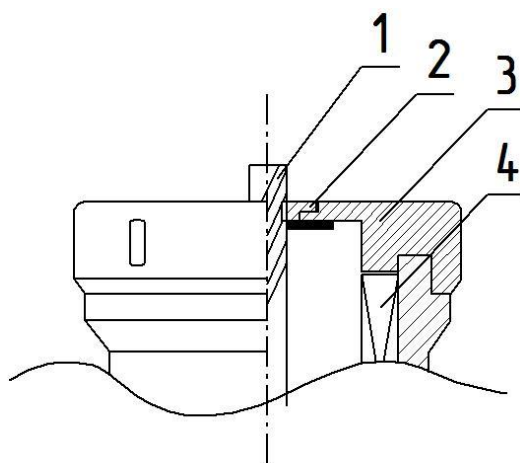


Рисунок 3.6 Конструкция поворотного механизма ЛЭМД

3.3. Устройство питания и управления маслоизготовителя с ЛЭМД

Наилучшая эффективность сбивания сливок будет достигнута при согласованном управлении обмотками 4 и 7 ЛЭМД с помощью специального электрического преобразователя, который обеспечит, дополнительно, регулирование выходной механической энергии машины в диапазоне 0,10...0,97 и ее стабилизацию при колебаниях питающего напряжения сети.

Силовая часть ЭП (рис. 3.7) представляет собой четыре группы емкостных накопителей энергии С1 – С3, заряжающихся одновременно от источника постоянного тока. Передача энергии конденсаторов в обмотки LM1 и LM2 ЛЭМД осуществляется силовыми транзисторами VT5 – VT8.

Секционирование накопителей позволит сократить время заряда отдельных секций до заданного уровня напряжения.

При отпирании транзистора VT5 (рис. 3.8, б) конденсатор С1, разряжаясь на обмотку LM2, вызывает срабатывание ЛЭМД. К концу прямого рабочего хода конденсаторная батарея С1 разряжается, открывается транзистор VT6, что приводит к разряду батареи С2 (рис. 3.8 в) на обмотку LM1 ЛЭМД и обратному рабочему ходу. Далее в таком же порядке разряжаются С3 и С4 (рис. 3.8 г, д). Таким образом, к моменту совершения обратного рабочего хода при питании от емкостной батареи С4, С1 успевает полностью зарядиться.

Для реализации режима последовательных срабатываний двигателя с заданной частотой схема содержит формирователь импульсов ФИ состоящий из: логических элементов микросхемы DD3, транзисторов VT1 – VT4, транзисторных оптронов U1 – U4 со светодиодами, генератор импульсов логического уровня на элементах DD1.1 – DD1.3, счетный D-триггер DD2.1 – DD2.2, включенных параллельно коллекторно - эмиттерным переходам, фототранзисторы оптронов U1 – U4 в цепях управления силовыми транзисторами VT5 – VT8.

Триггеры микросхемы DD2, соединенные между собой последовательно образуют двоичный счетчик импульсов, поступающих на его вход от генератора. В итоге на выходе первого триггера частота импульсов уменьшается вдвое, а на выходе второго – вчетверо. Элементы микросхемы DD3, работающие как дешифраторы логических состояний триггеров счетчика, формируют сигналы, включающие в определенном порядке транзисторные оптроны U1 – U4.

Формирователь импульсов ФИ подключается к источнику питания через делитель напряжения на резисторах R10 и R11. На выходе элементов DD3.1 – DD3.3 появляется уровень логической единицы, а на выходе элемента DD3.4 устанавливается логический ноль. При этом отпираются транзисторы VT1 – VT3, а транзистор VT4 остается заперт, что вызывает свечение светодиода транзисторной оптопары U4 и срабатывание фототранзистора U4, включенного в цепь управления силового транзистора VT8. При протекании управляющего напряжения, транзистор открывается и конденсаторная батарея С4 разряжается на обмотку LM 1, обеспечивая прямой рабочий ход ЛЭМД.

При следующем переключении генератора импульсов, логический ноль устанавливается на выходе элемента DD3.1, закрывается транзистор VT1, включается оптрон U1, отпирается силовой транзистор VT1, который вызывает разряд батареи С1 и очередное срабатывание ударной машины с ЛЭМД, а разрядившийся накопитель С4 начинает заряжаться.

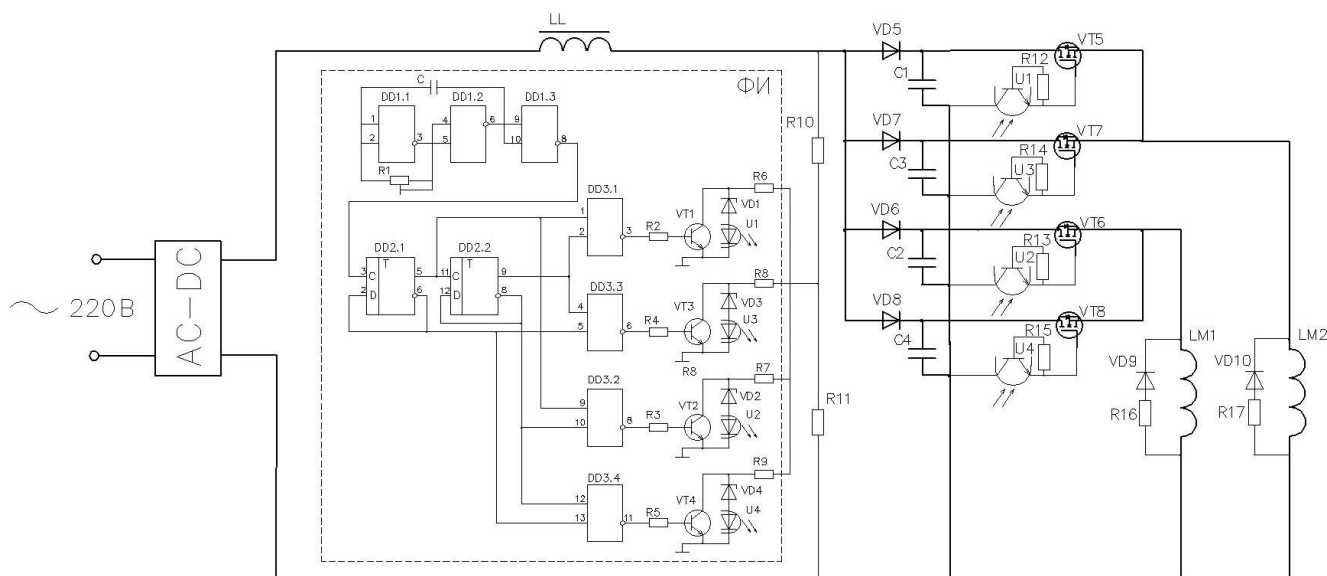


Рисунок 3.7 Принципиальная электрическая схема преобразователя

Аналогично, при третьем импульсе генератора разряжается конденсаторная группа C2, при четвертом – C3. Далее описанный цикл работы схемы повторяется.

Подстроечным резистором R1 плавно изменяется частота следования управляющих импульсов генератора в пределах 1–20 Гц.

Диоды VD5 – VD8 препятствуют перетеканию заряда с одной конденсаторной батареи в другую при закрытых транзисторах и разряду всех групп накопителей на обмотки при отпирании любого из транзисторов. Для уменьшения бросков тока при отпирании транзисторов служит дроссель LL.

Частота переключений генератора импульсов подбирается в соответствии с временем одного цикла ЛЭМД:

$$f=1/T_{ц},$$

где $T_{ц}=t_{cp}+t_{воз}$.

Как видно из временной диаграммы процессов в преобразователе, представленной на рис.3.8, любая разряженная конденсаторная батарея к моменту следующего срабатывания полностью заряжается.

При секционировании накопителя и формировании разрядного импульса на обмотки путем неодновременного поочередного включения коммутаторов получаем возможность регулирования выходной механической энергии машины в диапазоне 0,10...0,97.

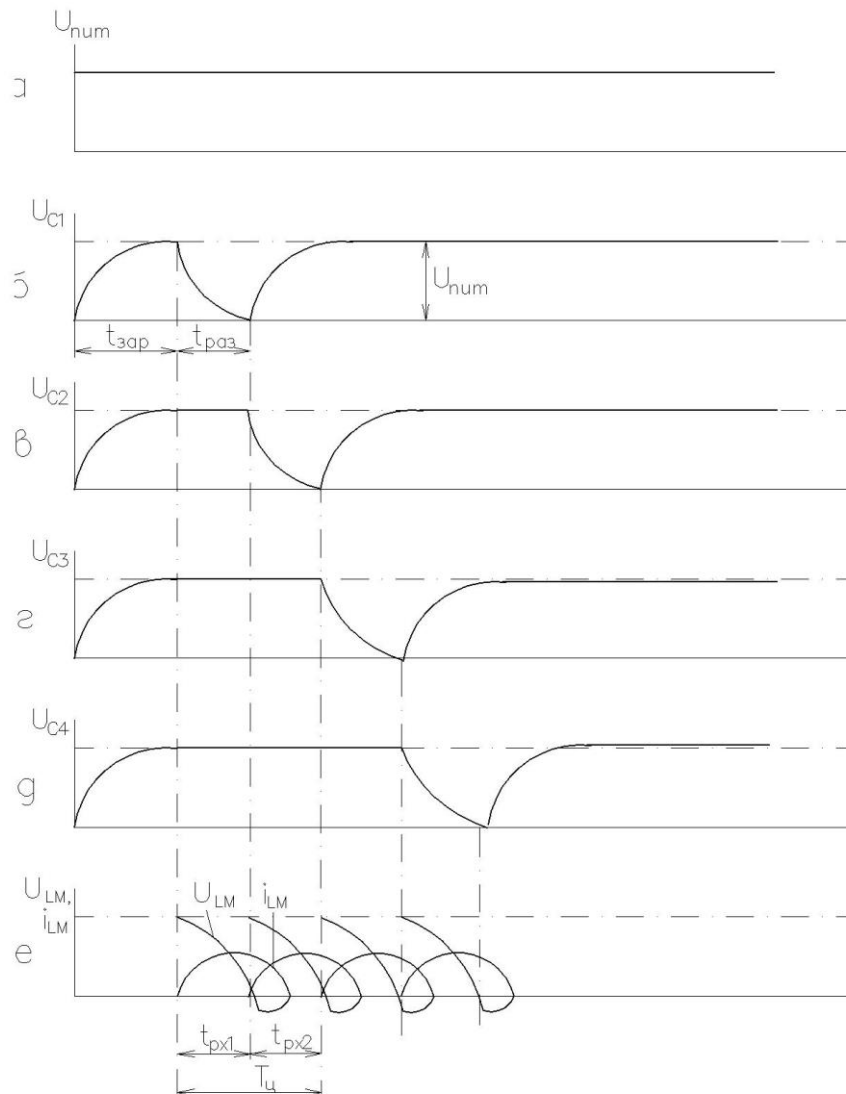


Рисунок 3.8 Временные диаграммы преобразователя

Вопросы для самоконтроля

1. Анализ устройств для получения сливочного масла.
2. Применение линейных электромагнитных двигателей для получения сливочного масла
3. Устройство питания и управления маслоизготовителя с ЛЭМД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бородин, И.Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст] / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев – М.: КолосС, 2005. – 352с.: ил. – 1000 экз. – ISBN: 5-9532-0140-0.
2. **Змеев, А.Я.** Проектирование систем электрификации [Текст]: учеб. пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.А. Каргин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010 – 152 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0694-7.

3. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Е.А. Четвериков, Т.В. Улыбина. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 108 с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0691-6.

Дополнительная

1. **Карташов, Б.А.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов. – М.: КолосС, 2009. – 184с. : ил. –1000 экз.
2. **Усанов, К.М.** Автоматика [Текст]: учеб. пособие для вузов/ К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008 – 108 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0545-2.

Лекция 4

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

4.1 Функциональная схема водоохлаждающей установки

Процесс первичной обработки молока включает в себя операции его очистки, пастеризации и охлаждения. При этом цель пастеризации состоит в уничтожении содержащихся в молоке микроорганизмов. Последующее за пастеризацией охлаждение позволяет увеличить срок хранения продукта. Охлаждение применяют и как самостоятельную операцию при хранении молока на молочных фермах и комплексах.

Пастеризатор молока представляет собой многосекционный пластинчатый теплообменник, подогреваемый горячей водой. На практике используют разные режимы пастеризации: мгновенный (при $t=85\dots90\text{ }^{\circ}\text{C}$), кратковременный ($T=20\text{ с}$, при $t=72\dots76\text{ }^{\circ}\text{C}$) и длительный ($T=300\text{ с}$, при $t=90\text{ }^{\circ}\text{C}$).

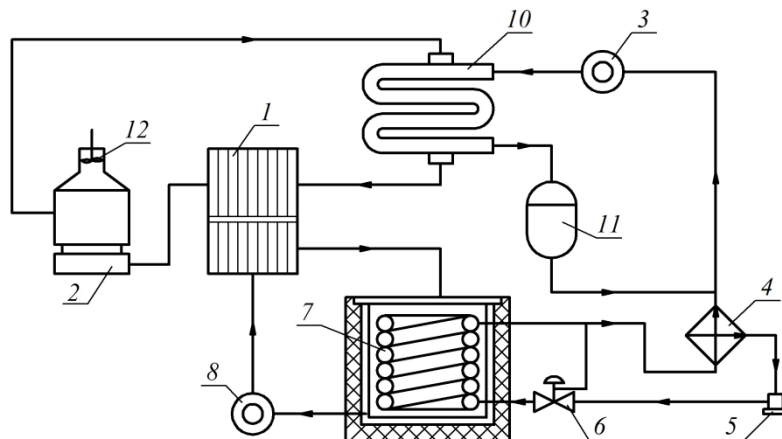


Рис.4.1 Функциональная схема водоохлаждающей установки

Установка для охлаждения молока (рис.4.1) работает по замкнутому циклу. Пары хладагента поступают в компрессор 3, сжимаются и попадают в конденсатор 10, где превращаются в жидкость, стекающую в ресивер 11. Из ресивера жидкий хладагент поступает в испаритель 7, проходя последовательно через теплообменник 4, фильтр-осушитель 5 и терморегулирующий вентиль 6. В терморегулирующем вентиле давление хладагента падает, он оказывается перегретым относительно нового давления и потому вскипает, отбирая теплоту у воды, орошающей поверхность испарителя. Эта вода насосом 8 перекачивается в охладитель молока 1, после которого возвращается в испаритель.

Для охлаждения воды, омывающей трубки конденсатора, применяется малогабаритная градирня 2 с вентилятором 12.

4.2 Управление процессом первичной обработки молока

В настоящее время для управления клапанами и задвижками с электроприводом по температуре теплоносителя в водоохлаждающих и пастеризационных установках получили широкое распространение ПИД-регуляторы, в частности, «ОВЕН ТРМ-212» с интерфейсом RS-485, функциональная схема которого представлена на рис.4.2.

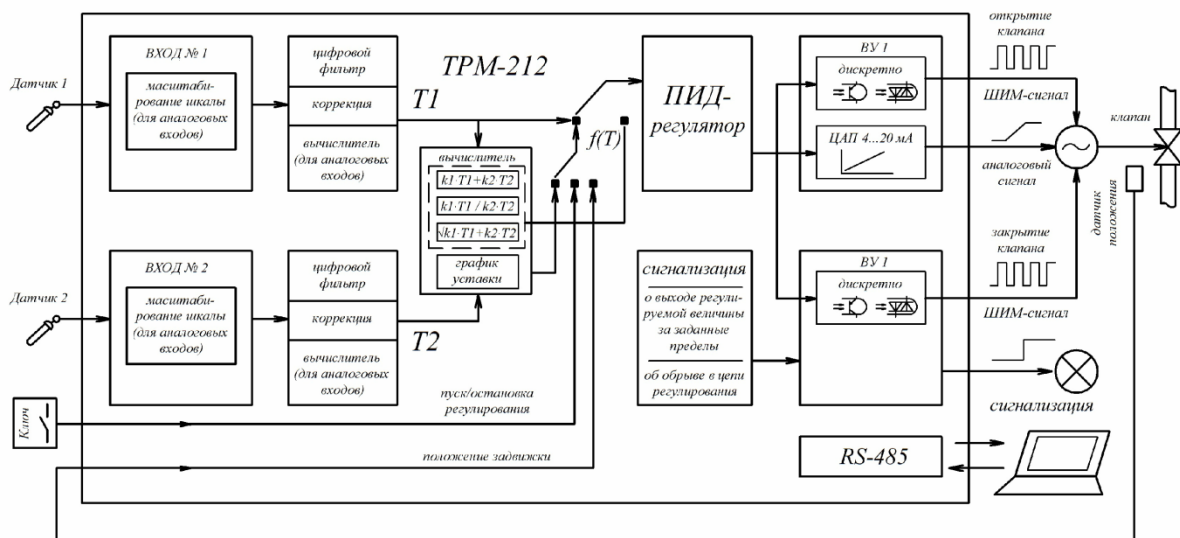


Рис.4.2 Функциональная схема САУ трехходовым клапаном

Применение данного регулятора позволяет управлять клапанами как в функции температуры, так и в функции давления, расхода, уровня, при поступлении сигнала датчика на универсальные входы. На соответствующих выходах ВУ1 и ВУ2 формируется аналоговый или ШИМ-сигнал открывающий (закрывающий) клапан или задвижку. При этом происходит постоянный контроль положения рабочего органа с помощью датчика положения.

При возникновении аварийных режимов, например, обрыв в цепи регулирования или выход регулируемой величины за заданные пределы, подается соответствующий звуковой или световой сигнал.

Вопросы для самоконтроля

1. Функциональная схема водоохладительной установки.
2. Функциональная схема САУ трехходовым клапаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бородин, И.Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст] / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев – М.: КолосС, 2005. – 352с.: ил. – 1000 экз. – ISBN: 5-9532-0140-0.
2. **Змеев, А.Я.** Проектирование систем электрификации [Текст]: учеб. пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.А. Каргин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010 – 152 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0694-7.
3. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Е.А. Четвериков, Т.В. Улыбина. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 108 с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0691-6.

Дополнительная

1. **Карташов, Б.А.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов. – М.: КолосС, 2009. – 184с. : ил. –1000 экз.
2. **Усанов, К.М.** Автоматика [Текст]: учеб. пособие для вузов/ К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008 – 108 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0545-2.

Лекция 5

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

5.1 Электрооборудование для хранения сельскохозяйственной продукции

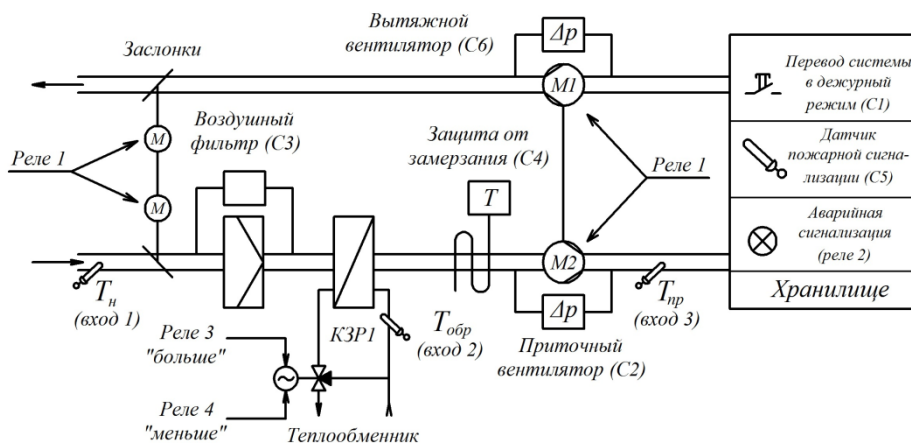
Технология хранения сельскохозяйственной продукции включает в себя процессы подогрева, охлаждения и увлажнения для предохранения продукции от переохлаждения, самосогревания и обезвоживания. При этом автоматизация данных процессов имеет важное значение, поскольку нарушения в технологии хранения оборачиваются большими потерями продукции. Сохранность продукта зависит главным образом от температурного режима в хранилище.

Функциональная схема САР температуры в помещении для хранения сельхоз продукции представлена на рис.6.1,а. Применение контроллера приточной вентиляции типа «ОВЕН ТРМ-133» (рис.5.1,б) позволяет поддерживать требуемую температуру в помещении для хранения продукции с заданной степенью точности.

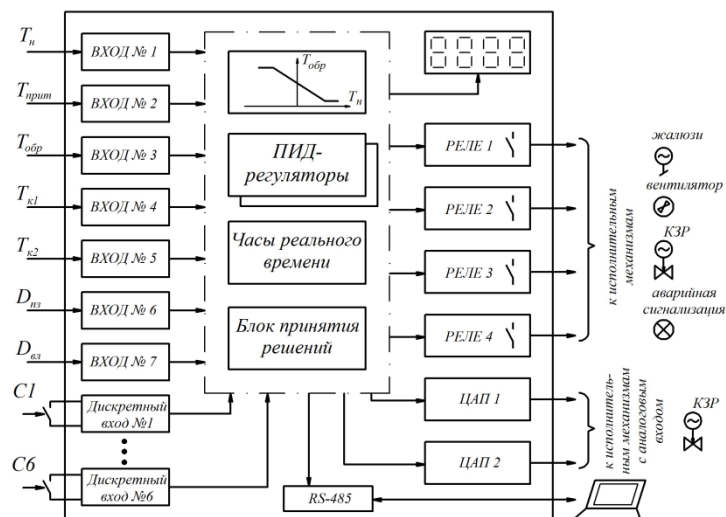
5.2 Управление процессом хранения сельскохозяйственной продукции

Микропроцессорное устройство имеет 7 универсальных входов, к которым можно подключать датчики различных типов, например, термосопротивления ТСР 50П, ТСМ 60М; термопары ТХК (L), ТХА (K); датчики с унифицированным выходным сигналом тока 0...5 мА или напряжения 0...1 В; датчики положения задвижки – резистивные или токовые.

Дискретные входы С1...С6 диагностируют исправность системы вентиляции и переключают режимы, и предназначены для подключения датчиков: С1 – коммутирующее устройство для дистанционного перевода системы в дежурный режим; С2 – датчик контроля исправности приточного вентилятора по потоку воздуха; С3 – датчик контроля засорения фильтра приточного (вытяжного) вентилятора; С4 – датчик перевода системы в режим защиты калорифера от замерзания; С5 – датчик пожарной сигнализации; С6 – датчик контроля исправности вытяжного вентилятора (рис.5.1,б).



а)



б)

Рис.5.1 Функциональные схемы САР температуры в помещении для хранения сельскохозяйственной продукции (а) и контроллера приточной вентиляции (б)

Для управления вентилятором, жалюзи, калорифером и аварийной сигнализацией контроллер оснащен встроенными выходными элементами: электромагнитными реле и цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП) для управления исполнительным механизмом с аналоговым управлением. При этом регулятор может управлять задвижками как с датчиком положения, так и без него по математической модели, заложенной программой.

Благодаря использованию в контроллере ПИД-закона регулирования и современному алгоритму автонастройки достигается высокая точность поддержания температуры приточного воздуха и обратной воды. Кроме того, используются несколько контуров ПИД-регулирования, что позволяет гибко настраивать прибор для работы в разных режимах.

При организации хранения картофеля и овощей температура в помещении не должна превышать 2...5 °С. В этом случае для обеспечения заданного значения параметра в осенне-зимний период, применяют регулятор скорости вращения вентилятора в зависимости от температуры в помещении (рис.5.2).

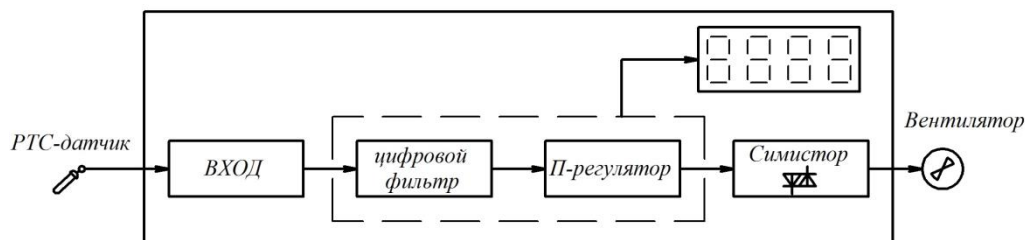


Рис.5.2 Функциональная схема регулятора скорости вращения вентилятора в зависимости от температуры

Температура в хранилище T измеряется с помощью датчика температуры с положительным коэффициентом передачи (РТС-датчик), например, полупроводникового термистора, и подается на П-регулятор, который, в свою очередь, поддерживает заданное

значение параметра $T_{зад}$ путем изменения скорости вращения ω_v вентилятора. При этом, чем выше температура в хранилище, тем быстрее вращается вентилятор (рис.5.3). Крутизна характеристики определяется полосой пропорциональности Δ регулятора (дифференциалом) и задается оператором при программировании. Таким образом, температура воздуха в помещении поддерживается автоматически за счет изменения количества теплого внутреннего воздуха, подмешиваемого к холодному наружному.

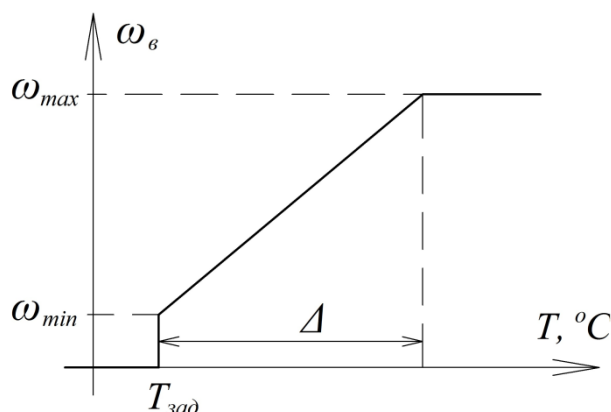


Рис.5.3 График зависимости скорости вращения вентилятора от температуры

Снижение температуры до значения уставки приводит к остановке вентилятора. В случае дальнейшего уменьшения контролируемого параметра автоматически включаются рециркуляционно-отопительные агрегаты.

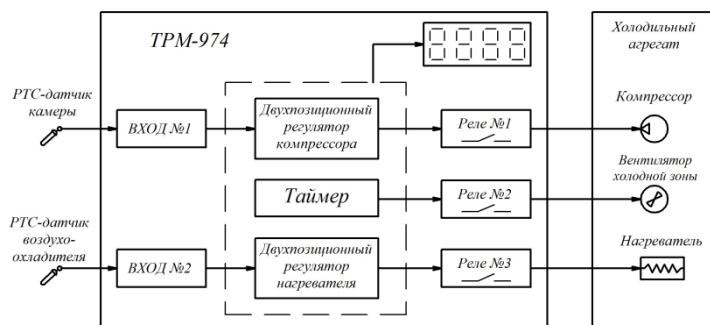


Рис.5.4 Функциональная схема САР температуры в холодильном агрегате

При хранении мясной и молочной продукции важное значение имеет контроль температуры в холодильных и морозильных агрегатах. В настоящее время на перерабатывающих предприятиях применяют блок управления средне и низкотемпературными машинами с автоматическим размораживанием типа «ОВЕН ТРМ-974». Функциональная схема САР температуры в холодильном агрегате представлена на рис.5.4.

Контроллер ТРМ-974 имеет два входа для подключения термодатчиков с положительным коэффициентом передачи для измерения температур в холодильной камере и воздухоохладителя. Выходные реле управляют процессами в холодильной камере: реле 1 – компрессором, реле 2 – вентилятором, реле 3 – нагревателем.

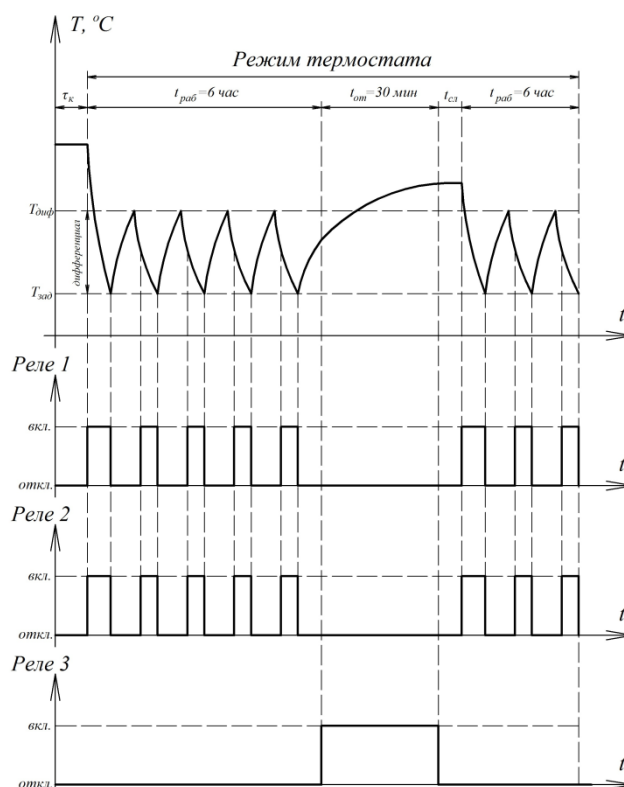


Рис.5.5 Регулирование температуры в холодильной камере в режиме «термостат»

Регулирование температуры в холодильных машинах может производиться в двух режимах: режим «термостат» и режим «набор холода».

Температуру в камере в режиме «термостат» (рис.5.5) определяют параметры $T_{зад}$ – контрольная точка и $T_{диф}$ – дифференциал. Для поддержания температуры в холодильной установке контроллер управляет работой компрессора и вентилятора.

При достижении температуры в холодильной камере до значения $T_{зад} + T_{диф}$ включается компрессор (реле 1) и работает до тех пор, пока температура снизится до значения $T_{зад}$. При этом вентилятор (реле 2) по выбору оператора может работать как непрерывно, так и периодически вместе с компрессором.

Для автоматического управления процессом оттайки холодильной камеры контроллер программируют либо по времени (1...99 ч.), либо по времени наработки компрессора. При этом оттайку можно производить специальным нагревателем (реле 3) при выключенном компрессоре. В ТРМ-974 также предусмотрена возможность управления сливом конденсата и установка времени задержки включения вентилятора по окончании процесса оттайки.

Режим «набора холода» (рис.5.6) предназначен для быстрого охлаждения холодильной камеры, заполненной новым (теплым) продуктом. Продолжительность набора холода задается в диапазоне от 1 до 24 часов, когда компрессор принудительно включен (реле 1). При этом обеспечивается задержка оттайки после набора холода, по окончании которой прибор автоматически переводится в режим «термостат».

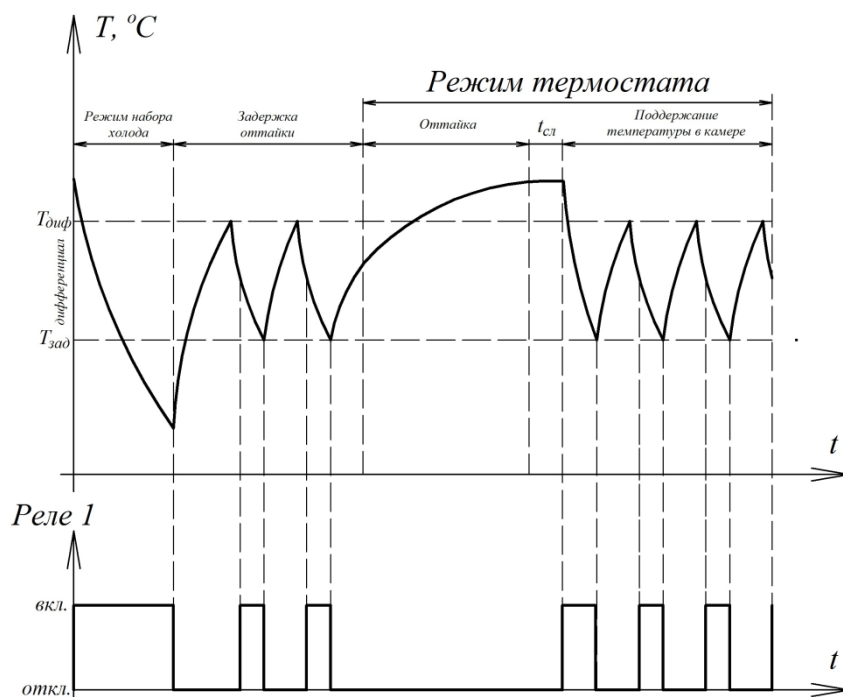


Рис.5.6 Регулирование температуры в холодильной камере в режиме «набора холода»

Вопросы для самоконтроля

1. Электротехнологические установки для тепловых процессов в животноводстве.
2. Электротехнологические установки для тепловых процессов в растениеводстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бородин, И.Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст] / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев – М.: КолосС, 2005. – 352с.: ил. – 1000 экз. – ISBN: 5-9532-0140-0.
2. **Змеев, А.Я.** Проектирование систем электрификации [Текст]: учеб. пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.А. Каргин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010 – 152 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0694-7.
3. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Е.А. Четвериков, Т.В. Улыбина. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 108 с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0691-6.

Дополнительная

1. **Карташов, Б.А.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов. – М.: КолосС, 2009. – 184с. : ил. –1000 экз.
2. **Усанов, К.М.** Автоматика [Текст]: учеб. пособие для вузов/ К.М. Усанов, А.Я. Змеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008 – 108 с. : ил. – 100 экз. – ISBN 978-5-7011-0545-2.

Лекция 6

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ НА СОК

6.1 Анализ устройств для переработки плодов на сок

В настоящее время в стране существует тенденция роста числа малых и средних сельскохозяйственных предприятий, занимающихся переработкой плодов на сок. В связи с этим создание нового недорогого и эффективного оборудования для таких хозяйств является актуальной задачей. В работе рассмотрена целесообразность применения для переработки плодов на сок пресса с шаговым линейным электромагнитным двигателем.

Анализ существующих устройств для переработки плодов на сок показал, что применяемые в практике устройства классифицируются по способу получения сока, по режиму работы, по роду используемой энергии, по исполнению.

Диффузионным способом получают концентрированный сок в специальных аппаратах экстракторах, в которых происходит выщелачивание водой экстрактивных веществ из плодовой мезги.

Основным недостатком экстракторов является невысокое качество получаемого сока за счет его обогащения взвесями и экстрактивными веществами, что требует дополнительной его очистки.

Способ центрифугирования основан на использовании центробежной силы. При высокой скорости вращения из мезги выделяется сок, который собирается затем в специальные емкости. Наиболее эффективными являются шнековые фильтрующие центрифуги, выход сока из которых составляет около 50%.

Мембранно-ультрафильтрационным способом получают сок высокого качества путем пропускания подготовленной мезги через систему ультрафильтров и мембран. Недостатком такой системы является невозможность контроля работы ультрафильтрационных элементов. При выходе из строя хотя бы одного из них возникает необходимость подвергать разборке весь мембранный аппарат, после чего проводить испытания каждого мембранного элемента с целью разбраковки.

Наиболее распространенным способом получения сока является прессование.

По режиму работы такие устройства могут быть непрерывного и периодического действия.

Прессы непрерывного действия подразделяются на шнековые и ленточные. Данные установки являются частью больших поточных линий по производству соков на крупных предприятиях, что затрудняет их применение в малых фермерских и личных приусадебных хозяйствах.

Прессы периодического действия обеспечивают получение сока хорошего качества с низким содержанием взвесей. В зависимости от рода используемой энергии они подразделяются на гидравлические, пневматические, механические и электрические. Показатели таких прессов сведены в таблицу 6.1.

Гидравлические прессы могут быть пакетного и корзиночного типа. Основным недостатком гидравлических прессов является использование в качестве рабочего тела жидкости под давлением, что приводит к необходимости наличия насосов и специальных установок, а также к многоступенчатому преобразованию первичной энергии.

Пневматические прессы используют энергию сжатого воздуха для получения соков из плодового сырья. Они в целом просты по конструкции, устойчивы к перегрузкам, но обладают низкой производительностью и КПД, который в ряде случаев менее 11%. Также есть вероятность загрязнения воздуха продуктами выхлопа, быстрый износ и сложность обеспечения надежной работы пневматической системы.

В небольших хозяйствах сок из плодового сырья получают механическими ручными прессами, которые подразделяются на винтовые и нажимные. Такие прессы имеют низкую производительность, и требуют относительно больших физических затрат.

Сравнение показывает, что электрические прессы с импульсным линейным электромагнитным приводом являются наиболее предпочтительными. Масса таких прессов в 3÷20 раз меньше чем у пневматических и гидравлических. По диапазону усилий, величине рабочих ходов и выходу сока они сопоставимы с другими видами прессов (табл.6.1).

Таблица 6.1 Технические данные прессового оборудования для получения натуральных соков

| Вид привода прессового оборудования | Диапазон усилий, Н | Диапазон величин рабочих ходов, мм | Выход сока, % | Масса, кг |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|-----------|
| Гидравлический | $(1,1 \div 25) \cdot 10^4$ | 20÷450 | 70÷80 | 350÷1300 |
| Пневматический | $(1,5 \div 10) \cdot 10^4$ | 25÷120 | до 76 | 50÷650 |
| Механический (ручной) | $5 \times 10^3 \div 3 \times 10^4$ | 2÷100 | менее 50 | 1÷40 |
| Электромагнитный | $5 \times 10^2 \div 10^4$ | 5÷50 | до 80 | 20÷60 |

Импульсная система с шаговым ЛЭМД обеспечивает дискретное поступательное движение рабочего органа до 1000 мм, что в наибольшей степени соответствует условиям применения его в малогабаритных устройствах для отжима сока.

Структурная схема системы представлена на рис.6.1.

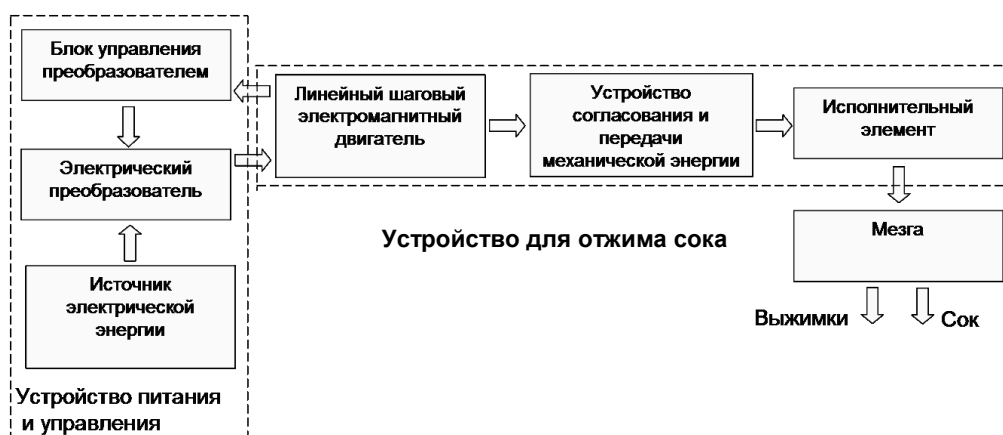


Рис. 6.1. Структурная схема импульсной системы с шаговым ЛЭМД для получения сока из плодов.

6.2. Устройство питания и управления импульсной системой для переработки плодов на сок

Электрический преобразователь с блоком управления формирует требуемый алгоритм функционирования шагового ЛЭМД. Эффективность передачи выходной механической энергии от двигателя к нагрузке (мезга) достигается с помощью устройства согласования.

Для их питания и управления можно использовать одну полувольту напряжения сети переменного тока. На этом принципе разработано универсальное устройство питания и управления (УПУ) ЛЭМД ПО усилием до 10 кН (рис.6.2).

Универсальность УПУ заключается в возможности осуществляться в двух режимах работы: одиночных ходов и серии ходов. УПУ позволяет также осуществлять регулировку усилия ЛЭМД, частоту ходов во втором режиме, стабилизирующих выходные параметры ЛЭМД (усилие и полезная работа) при отключении напряжения.

УПУ состоит из релаксационного генератора на однопереходном транзисторе VT и формирователя импульсов на вспомогательном тиристоре VS1. Управление УПУ осуществляется кнопками SA и SB, вмонтированные в пульт управления. Генератор содержит транзистор VT, время задающий конденсатор C2, заряжающийся через резистор R5 и R6 от стабилизатора напряжения на стабилитроне VD1 и резисторе R4. резисторы R2 и R3 образуют делитель напряжения, определяющий междубазовое напряжение транзистора VT, а резистор обеспечивает зависимость этого напряжения от напряжения сети.

Формирователь импульсов содержит тиристор VS1, пороговый элемент, выполненный на стабилитроне VD4, накопительный конденсатор C3, напряжение, на котором при работе пресса в режиме одиночного хода стабилизировано стабилизатором на стабилитроне VD5 и резисторе R10, питание генератора и формирователь повторной работы ЛЭМД при последующем положительном полупериоде не будет, поскольку конденсатор C3 разряжен.

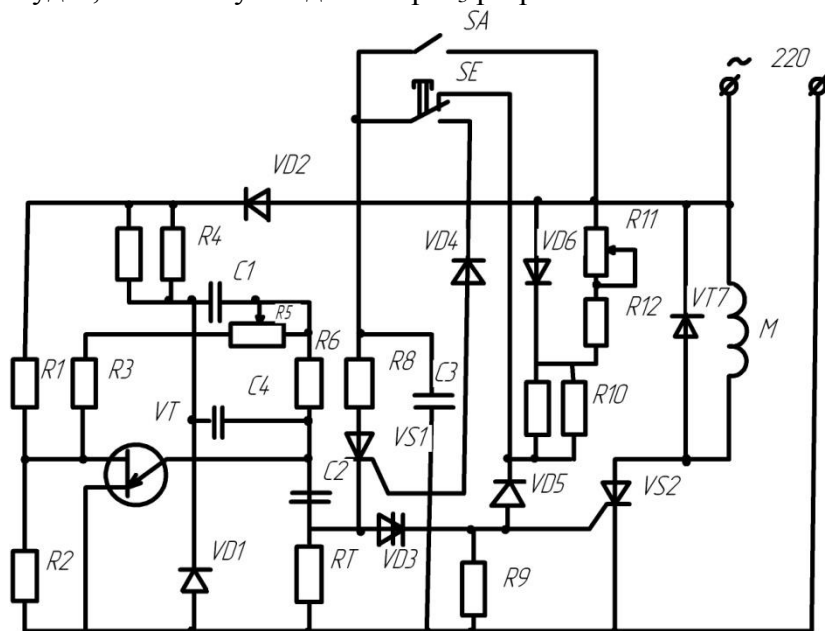


Рис. 6.2 УПУ универсального ЛЭМД усилием до 10 кН.

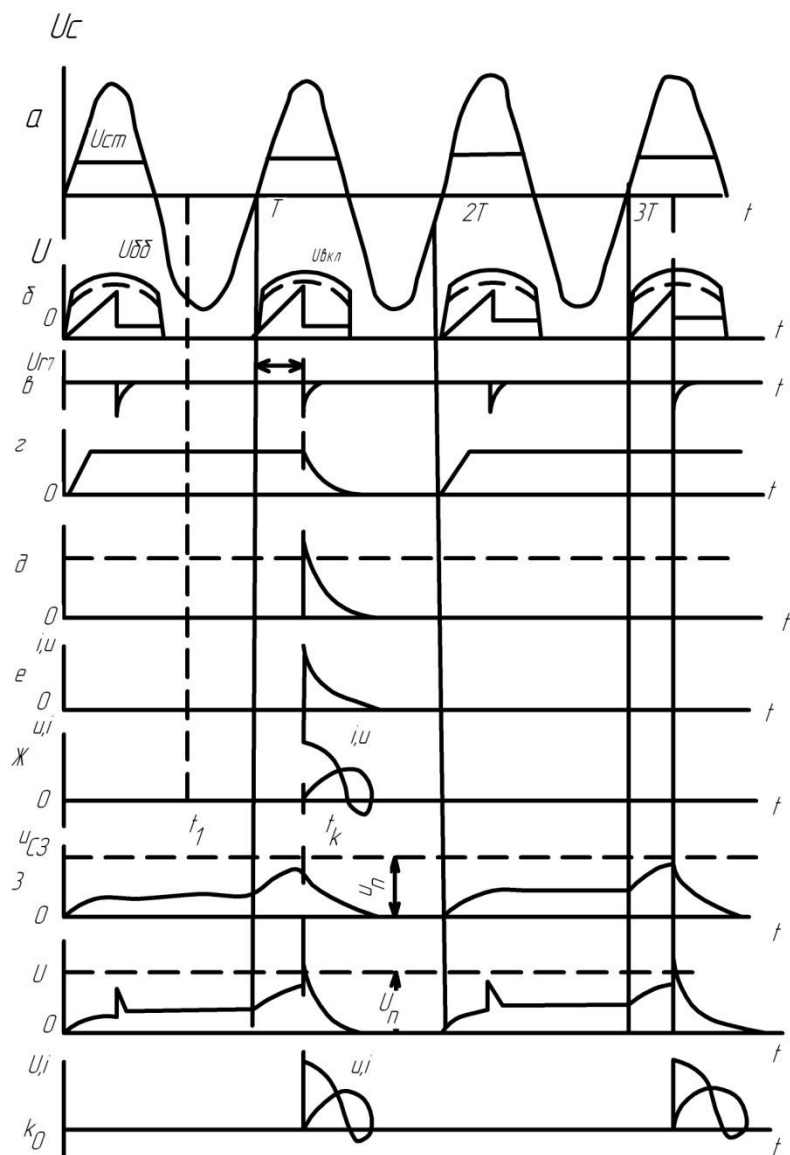


Рис. 6.3. Временные диаграммы УПУ ЛЭМД усилением до 10 кН.

При запуске кнопки SB УПУ вновь готово к работе. Включение диода VD7 обеспечивает более полное использование магнитной энергии ЛЭМД и позволяет повысить энергию рабочего хода путём увеличения длительности импульса тока через обмотку двигателя. Для получения непрерывных ходов при нажатой кнопке SB дополнительно замыкается кнопка SA. Генератор импульсов работает аналогично описанному.

Конденсатор C_3 заряжается от сети через резисторы R11, R12 с постоянной времени, превышающей период сети (рис.6.3, 3). Подключение обмотки двигателя к сети произойдёт тогда, когда напряжение, приложенное к тиристорному VS1, превысит пороговое напряжение $U_{п}$ (рис.6.3, и). Ток и напряжение ЛЭМД показаны на рис.6.3.к. После разряда конденсатора C_3 тиристор VS1 выключается, конденсатор вновь начинает заряжаться и процессы повторяются.

Вопросы для самоконтроля

1. Существующие способы переработки плодов на сок.
2. Электрооборудование переработки плодов на сок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология [Текст]: учебник для вузов /Л. А. Баранов, В. А. Захаров. - М.: КолосС, 2006. - 343 с. : ил. – 2000 экз.–ISBN5-9532-0373-х.
2. **Багаев, А. А.** Электротехнология [Текст]: Учеб. пособие / А. А. Багаев, А. И. Багаев.- Барнаул.: АГАУ, 2006. - 320 с.: ил. – 10000экз.– ISBN5-93957-135-2.
3. **Баев, В.И.** Практикум по электрическому освещению и облучению [Текст]: учебник и учеб. пособие для вузов /В.И. Баев. – М.: КолосС, 2008. – 190 с.: ил.–10000 экз. .– ISBN 978-5-

Дополнительная

1. **Рекус, Г.Г.** Электрооборудование производств [Текст] / Г.Г. Рекус – Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2005. – 709 с. – 1000 экз. ISBN 78-5-06-004414-0
2. **Зайцев, В.Е.** Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок./ В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова.– М.: Академия, 2008.– 128 с.
3. **Савицкас, Р.К.** Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве/ Р.К., Савицкас, В.В. Картавец Учеб. пособие. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – 62 с.

Лекция 7

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЕМ

7.1 Электроозонирование семян пшеницы

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от качества посевного материала и его подготовки к севу. В настоящее время научный и практический интерес представляет поиск эффективных методов воздействия на семена сельскохозяйственных культур с целью повышения их урожайных качеств. Одним из таких методов является электроозонирование.

В учебно-научной испытательной лаборатории (УНИЛ) Ставропольского государственного аграрного университета проведён поисковый эксперимент по воздействию озона на семена пшеницы с целью повышения посевных качеств семян. Эффективность воздействия озона зависит от времени отлёжки (экспозиции) семян от обработки до закладки на проращивание и дозы обработки семян, которая рассчитывается по формуле:

$$D = c \cdot t,$$

где D - доза обработки, г с/м³;
 c - концентрация озона, г/м³;
 t - время обработки семян, с.

Семена озимой пшеницы сорта Ермак подверглись обработке озоном с помощью электроозонатора с концентрацией по озону 0,035 г/м³. Дозы озона составили 2,1, 9,9, 12,6, 18,9, 19,8, 29,7, и 49,5 г·с/м³. Время отлёжки семян пшеницы 0, 7, 14 суток. Результаты эксперимента представлены рисунками 1, 2, из которых видно, что оптимальные дозы по озону 12,6, 18,9 г·с/м³; экспозиция - 14 суток. Дальнейшее повышение дозы озона привело к снижению энергии проращивания.

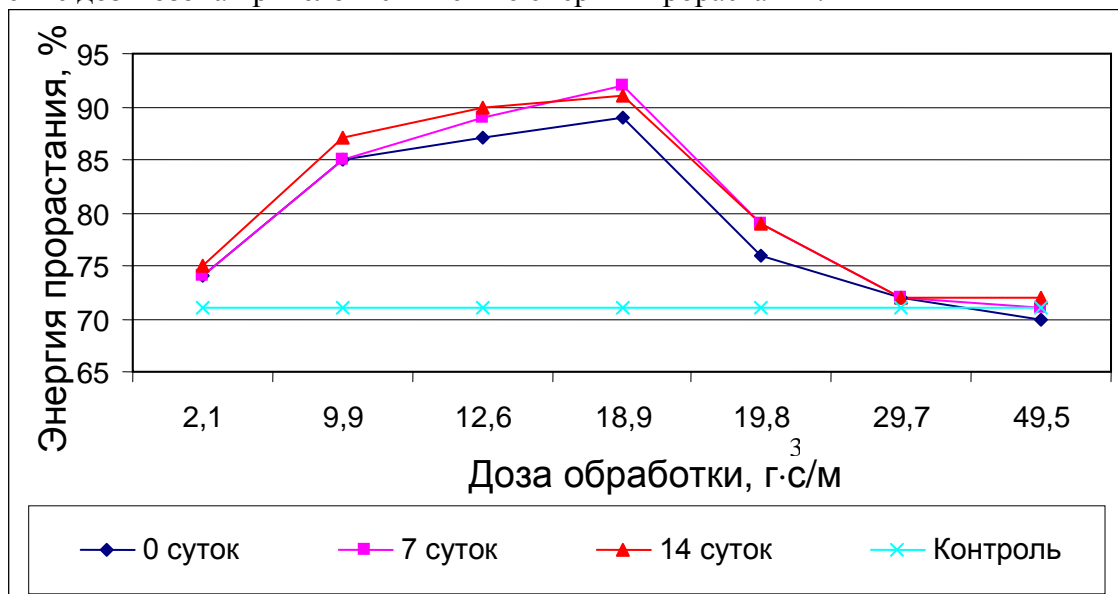


Рисунок 7.1 – Зависимость энергии проращивания семян озимой пшеницы сорта Ермак от дозы обработки озоном, %

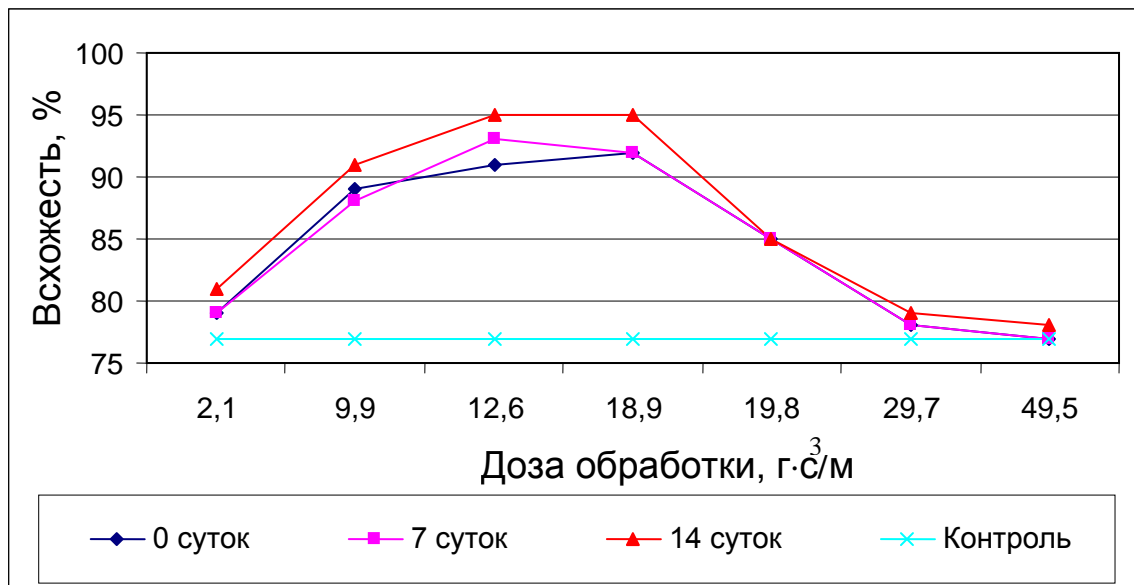


Рисунок 7.2 – Зависимость всхожести семян озимой пшеницы сорта Ермак от дозы обработки озоном, %

С учётом результатов поисковых опытов проведён двухфакторный эксперимент по влиянию озона на посевные качества семян озимой пшеницы сорта Ермак. Обработку семян озимой пшеницы озоном проводили в диапазоне от 8,4, до 18,9 г·с/м³. Результаты опыта представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние озона на энергию прорастания семян пшеницы сорта Ермак, % (контроль – 69,0 %)

| Доза озона, г·с/м³, x | Экспозиция зерна, сутки, y | | | Среднее значение |
|-----------------------------|----------------------------|------|------|------------------|
| | 0 | 7 | 14 | |
| 8,4 | 82,0 | 81,0 | 84,0 | 82,3 |
| 9,9 | 83,0 | 81,0 | 84,0 | 82,7 |
| 10,5 | 83,0 | 81,0 | 84,0 | 82,7 |
| 12,6 | 87,0 | 87,0 | 88,7 | 87,6 |
| 14,7 | 87,0 | 87,0 | 90,0 | 88,0 |
| 16,8 | 88,0 | 88,0 | 91,0 | 89,0 |
| 18,9 | 88,0 | 88,0 | 91,0 | 89,0 |
| 19,8 | 72,8 | 73,5 | 73,3 | 73,2 |
| Среднее значение | 82,5 | 82,1 | 84,1 | - |
| НСР _{xy,0,95} =3,1 | | | | |

Доза оказала существенное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян озимой пшеницы. При наименьшей дозе (8,4 г·с/м³) энергия прорастания составила 82,3 %, что существенно выше контроля (69,0 %). Максимального значения показатель достигает при дозе 16,8 г·с/м³ (89,0 %).

Всхожесть семян существенно увеличилась, начиная с дозы 9,9 г·с/м³, максимальный результат достигнут при дозе 14,7 г·с/м³. При этом всхожесть семян по сравнению с контролем (75,0 %) увеличилась на 17,5 % и составила 92,5%.

Таблица 2 – Влияние озона на всхожесть семян пшеницы сорта Ермак, %
(контроль – 75,0 %)

| Доза озона, г·с/м ³ , x | Экспозиция зерна, сутки, y | | | Среднее значение |
|---------------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|------------------|
| | 0 | 7 | 14 | |
| 8,4 | 82,0 | 83,0 | 84,0 | 83,0 |
| 9,9 | 86,0 | 86,0 | 89,0 | 87,0 |
| 10,5 | 86,0 | 86,0 | 88,0 | 86,7 |
| 12,6 | 90,0 | 90,0 | 94,0 | 91,3 |
| 14,7 | 92,0 | 91,0 | 94,5 | 92,5 |
| 16,8 | 90,0 | 90,0 | 94,8 | 91,6 |
| 18,9 | 90,0 | 90,0 | 93,0 | 91,0 |
| 19,8 | 74,3 | 74,3 | 76,8 | 75,1 |
| Среднее значение | 85,3 | 85,6 | 88,2 | - |
| НСР_{xy, 0,95} = 3,3 | | | | |

Таким образом, электроозонирование позволяет улучшить посевные качества семян по сравнению с контрольными, необработанными озон, семенами. Оптимальными параметрами обработки семян пшеницы озон для стимулирования их посевных качеств следует считать: дозы 14,0-17,0 г·с/м³; рекомендуемая экспозиция семян с момента обработки озон до закладки на проращивание 7-14 суток.

Вопросы для самоконтроля

1. Влияние электроозонирования на качества семян пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Багаев, А. А. Электротехнология [Текст]: Учеб. пособие / А. А. Багаев, А. И. Багаев.- Барнаул.: АГАУ, 2006. - 320 с.: ил. – 10000экз.– ISBN5-93957-135-2.

Дополнительная

1. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст]: Учебник для вузов / Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: ООО «Терра»; НПК «Гефест». – 2001. – 592 с. 1000экз.
2. **Шевченко, А.А.** Параметры электроозонирования для предпосевной обработки семян кукурузы [Текст]: Автореф. дис. ... канд.техн. наук. – Челябинск, 2010. – 23 с.

Лекция 8

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

8.1 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.

Интенсивностью УЗ волны называют мощность, приходящуюся на единицу площади поверхности перпендикулярной направлению распространения УЗ волны, Вт/м².

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

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.

8.2 Электроакустические преобразователи

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. Магнитострикционная деформация зависит от напряженности электромагнитного поля, температуры и вида материала из которого изготовлены пластины магнитостриктора. При возрастании напряженности МП деформация у сплавов платиножелезистых Pt+Fe увеличивается, а у никелевых пластинок уменьшается.

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 $\eta = 50\ldots 65\%$.

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

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/м^2 , или 10 Вт/см^2 . 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 (рис.8.1). Обычно пьезокерамические пластины соединены отражающей 2 и излучающей 4 прокладками. К последней крепят волновод-инструмент. Питание к пластинам подают через токоподводы 3. элементы соединяют 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 пьезопластинки, м.

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

I – интенсивность УЗ колебаний генерируемых пьезоэлектрическим преобразователем, Вт/м²; U – напряжение возбуждения; ρc – акустическое сопротивление среды Нс/м³; K_n – коэффициент, зависящий от вида материала: кварц, соль, титанат бария – соответственно $1,44 \cdot 10^{-8}$; $5,4 \cdot 10^{-6}$; $1,44 \cdot 10^{-6}$ Вт·Н·с³/В²·м³

Мощность, потребляемая пьезокерамического преобразователем, Вт:

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

где S – площадь излучающей поверхности, м²; η_a – КПД кварца 0,6-0,8 ВаО·TiO₂ – 0,5...0,7.

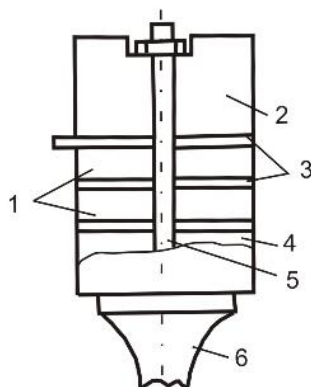


Рис.8.1 Пакетный пьезокерамический преобразователь с пассивными накладками: 1 – пьезокерамические пластины; 2 и 4 – отражающая и излучающая накладки; 3 – токоподвод; 5 – стягивающий болт; 6 – волновод-инструмент.

8.3 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 гидрозолей, 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 твердом состоянии. 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.

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 ультразвуковой излучатель в пылесадочную 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.

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 расплавленный 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.

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 (рис.8.2).

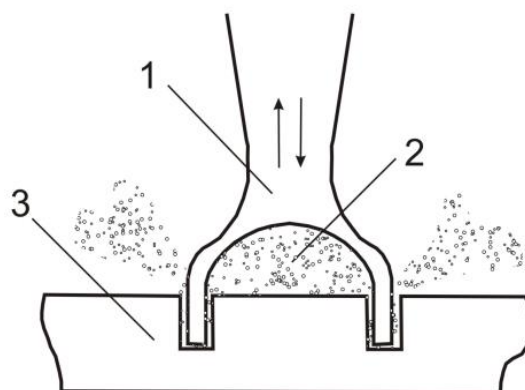


Рис.8.2. Ультразвуковая обработка материалов: 1 –ультразвуковой инструмент; 2 –абразивные зёрна; 3 –обрабатываемая деталь.

Кинематика ультразвуковой обработки складывается из главного движения – резания, т.е. продольных колебаний инструмента, и вспомогательного движения – движения подачи. Продольные колебания являются источником энергии абразивных зёрен, 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, кремень, 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 несмешиваемых жидкостей – эмульсия: 70 % нефти плюс 30 % воды такая эмульсия обеспечивает лучшее и более полное сгорание топлива и уменьшает количество токсичных выбросов при работе двигателей внутреннего сгорания.

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 (рис.8.3).

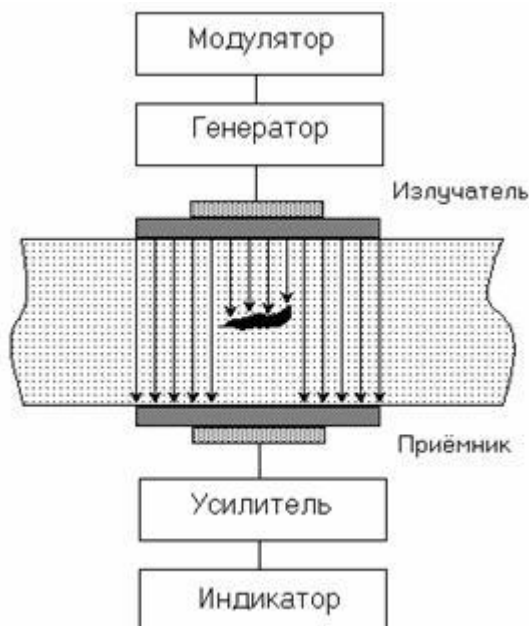


Рис.8.3 Схема ультразвукового дефектоскопа. Теневого метода ультразвуковой дефектоскопии

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). УЗ-вые дефектоскопы позволяют

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

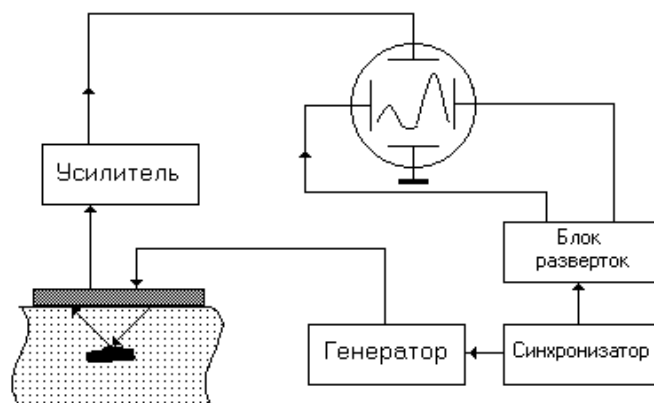


Рис.8.4. Схема импульсного метода ультразвуковой дефектоскопии.

Импульсный метод УЗ-вой дефектоскопии основан на явлении отражения ультразвуковых волн. Принцип действия импульсного дефектоскопа показан на рис.8.4. 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 электроннолучевой 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.

Вопросы для самоконтроля

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 магнестрикторов?
7. Какие материалы применяются для изготовления магнестрикторов?
8. Приведите пример расчета магнестрикционного преобразователя?
9. Какие виды магнестрикционных 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?
21. Где применяют эмульсии не смешиваемых жидкостей?
22. Неразрушающий УЗ контроль материалов и деталей. Объясните основные принципы процесса контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология [Текст]: учебник для вузов /Л. А. Баранов, В. А. Захаров. - М.: КолосС, 2006. - 343 с. : ил. – 2000 экз.–ISBN5-9532-0373-х.
2. **Багаев, А. А.** Электротехнология [Текст]: учебное пособие / А. А. Багаев, А. И. Багаев. – Барнаул.: АГАУ, 2006. – 320 с.: ил. – 10000 экз.– ISBN5-93957-135-2.
3. **Баев, В.И.** Практикум по электрическому освещению и облучению [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.И. Баев. – М.: КолосС, 2008. – 190 с.: ил.–10000 экз. – ISBN 978-5-9532-0593-1.

Дополнительная

1. **Зайцев, В.Е.,** Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок [Текст] / В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова. – М.: Академия, 2008. – 128 с.
2. **Савицкас, Р.К.** Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве [Текст]: учеб. пособие / Р.К. Савицкас, В.В. Картавцев. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – 62 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология [Текст]: учебник для вузов /Л. А. Баранов,, В. А. Захаров. - М.: КолосС, 2008. - 344 с. : ил. – 2000 экз.– ISBN 978-5-9532-0710-2.
2. **Багаев, А. А.** Электротехнология [Текст]: Учеб. пособие / А. А. Багаев, А. И. Багаев.- Барнаул.: АГАУ, 2006. - 320 с.: ил. – 10000экз.– ISBN5-93957-135-2.
3. **Баев, В.И.** Практикум по электрическому освещению и облучению [Текст]: учебник и учеб. пособие для вузов /В.И. Баев. – М.: КолосС, 2008. – 190 с.: ил.–10000 экз. .– ISBN 978-5-9532-0593-1.
4. **Любайкин, С.Н.** Электротехнологические установки в сельском хозяйстве[Текст]: лабораторный практикум / С. Н. Любайкин, А.В. Львицын. - Саратов: ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2005.-104с.: ил.–150экз.– ISBN 5-7011-0372-2
5. **Зайцев, В.Е.** Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок./ В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова.– М.: Академия, 2008.– 128 с.
6. **Савицкас, Р.К.** Электротехнологии в животноводстве и растениеводстве/ Р.К., Савицкас, В.В. Картавцев Учеб. пособие. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – 62 с.
7. **Рекус, Г.Г.** Электрооборудование производств [Текст] / Г.Г. Рекус – Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2005. – 709 с. – 1000 экз. ISBN 78-5-06-004414-0
8. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст]: Учебник для вузов / Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: ООО «Терра»; НПК «Гефест». – 2001. – 592 с. 1000экз.
9. Правила устройств электроустановок [Текст]: - М.:, Изд. Норматика, 2013. – 464 с.- 3000 экз. ISBN 978-5-4374-0188-0
10. http://electro-vgsha.narod.ru/Biblioteka/Electrotehnologia_1.pdf
11. www.weldzone.info
12. www.dekraft.ru
13. www.iek.ru
14. www.740-789.ru
15. www.owen.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Лекция 1. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ | 4 |
| 1.1 Общие сведения..... | 4 |
| 1.2 Классификация электротехнологических процессов сельскохозяйственного производства..... | 6 |
| 1.3 Классификация обрабатываемых материалов с точки зрения воздействия электрических полей..... | 7 |
| 1.4 Электрокинетические процессы в различных средах под воздействием электроэнергии..... | 11 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 13 |
| Список литературы..... | 14 |
| Лекция 2. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССА СУШКИ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДВОДА ТЕПЛА | 15 |
| 2.1 Виды лекарственных растений, классификация по ботаническим и иным признакам. Особенности сушки лекарственных растений и требования, предъявляемые к их сушке..... | 15 |
| 2.2 Конструкция инфракрасной сушильной установки..... | 18 |
| 2.3 Функциональная схема системы для сушки продуктов растительного происхождения..... | 20 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 22 |
| Список литературы..... | 22 |
| Лекция 3. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИВОЧНОГО МАСЛА | 23 |
| 3.1. Анализ электрооборудования для получения сливочного масла..... | 23 |
| 3.2 Применение линейных электромагнитных двигателей для получения сливочного масла..... | 24 |
| 3.3. Устройство питания и управления маслоизготовителя с ЛЭМД..... | 29 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 31 |
| Список литературы..... | 31 |
| Лекция 4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА | 33 |
| 4.1 Функциональная схема водоохлаждающей установки..... | 33 |
| 4.2. Управление процессом первичной обработкимолока..... | 33 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 34 |
| Список литературы..... | 34 |
| Лекция 5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ | 36 |
| 5.1 Электрооборудование для хранения сельскохозяйственной продукции..... | 36 |
| 5.2 Управление процессом хранения сельскохозяйственной продукции..... | 36 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 40 |
| Список литературы..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| Лекция 6 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ НА СОК..... | 41 |
| 6.1 Анализ устройств для переработки плодов на сок..... | 41 |
| 6.2 Устройство питания и управления импульсной системой для переработки плодов на сок..... | 43 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 45 |
| Список литературы..... | 45 |
| Лекция 7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ЭЛЕКТОРООЗОНИРОВАНИЕМ | 46 |
| 7.1 Электроозонирование семян пшеницы..... | 46 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 48 |
| Список литературы..... | 48 |
| Лекция 8. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ..... | 49 |
| 8.1 Ультразвук и его воздействие на физические и биологические объекты..... | 49 |
| 8.2 Электроакустические преобразователи..... | 50 |
| 8.3 Области применения ультразвука..... | 51 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 56 |
| Список литературы..... | 57 |
| Библиографический список..... | 58 |

составитель: Бородин И.И.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Методические указания для самостоятельной
работы обучающихся по направлению подготовки
35.04.06 - Агроинженерия
очной и заочной формы обучения

Электронное издание

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44