

Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов
Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ



Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов
Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ



Учебно-методическое пособие

*для студентов направления "Агроинженерия
(Электрооборудование и электротехнологии)"*

Краснодар
КубГАУ
2020

УДК 621.31
ББК 31.293-5
Э45

Р е ц е н з е н т :

В. Ф. Сторчевой – профессор кафедры электропривода и электротехнологий Российского государственного аграрного университета–МСХА имени К. А. Тимирязева, доктор технических наук

Э45 Электротехнологии в сельском хозяйстве: учебно-методическое пособие /Н. Н. Курзин, Д. А. Нормов, Д. В. Лебедев, Е. А. Рожков. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 118 с.

В издании содержатся методические указания по решению электротехнологических задач. Изложены основные теоретические и практические сведения об электронагревательных установках. Предлагаемое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов и для аудиторной работы на практических занятиях.

Предназначено для обучающихся направления 35.03.06 "Агроинженерия (Электрооборудование и электротехнологии)".

УДК 621.31
ББК 31.293-5

© Курзин Н. Н., Нормов Д. А.,
Лебедев Д. В., Рожков Е. А., 2020
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубиллина», 2020

Оглавление

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»...	4
1 Общие вопросы.....	4
2 Электронно-ионная	5
3 Обработка семян и почвы электрическим полем	6
4 Электрический импульс в сельском хозяйстве	7
5 Применение ультразвуковых установок	8
6 Магнитная обработка материалов	9
7 Теория и расчет электрооборудования	9
8 Применение электротехнологических нагревательных установок в сельском хозяйстве	22
ЗАДАЧИ И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ.....	36
1 Расчёты тепловых режимов нагревательных установок	36
2 Расчет элементных нагревателей	48
3 Индукционный и диэлектрический нагрев	59
4 Электронно-ионная технология	74
ПРИЛОЖЕНИЯ	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

1 Общие вопросы

Дальнейшее улучшение сельскохозяйственных электризации должно быть широко распространено использование электроэнергии непосредственно в различных процессах сельскохозяйственной техники (электрический). Использование специфических свойств электромагнитной энергии (в виде излучения высокой частоты, высокого напряжения, электростатические и магнитных полей), и ультразвуковой вибрации. Эти формы энергии оказывают сильное влияние на биологические объекты и дают хорошие результаты качества.

Особые свойства электромагнитной энергии с высокой эффективностью может быть использована во многих различных процессах, ориентированных на сельскохозяйственных животных и растений (для того, чтобы стимулировать рост и продуктивность выведения новых видов), для борьбы с вредными насекомыми и микроорганизмами для лечения различных сельскохозяйственных продуктов и т.д..

Изучение этой части курса, обязательным Обратите особое внимание на сложность работы в этой области, из-за наличия какого-либо процесса биологических объектов (сельскохозяйственные почвы, животных, растений, насекомых, и т.п.), который является основным отличием от сельскохозяйственной промышленности. необходимость прочитайте возможные направления влияния различных видов электричества в живых организмах. Как стимулировать и смертоносные цели. Следует отметить, что все эти проблемы могут быть эффективно решены только комплекс, Ученые с различными профилями: электриков, физике, биологии, домашнего скота, агрономов и др.

Необходимо понять, какие возможности открыты электричество использования в совершенствовании методов ведения сельского хозяйства.

Электротехнология стремится использовать, улучшает качество и количество продукции, повышению производительности труда и разумных расходов.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.какие там Факторы, электрическую природу и воздействие на животных и растений?

2.Опишите основные потенциальные области использования энергии в совершенствовании технологий сельскохозяйственного производства.

3.Определение термина «электрический».

2 Электронно-ионная

Создание новых субъектов, работающих на основе электрических приводят к радикальным качественным изменениям в сельскохозяйственной технике и строительству соответствующих машин. Примером может служить создать совершенно новый принцип для сортировки и очистки семян в электрическом поле на основе разницы в электрофизических параметров зерна и основной культуры загрязняющих веществ обмолота зерна из импульсного разряда тока пучка заглушками почвы. Эти изменения показывают, что внедрение электрических технологий может обеспечить много технических и экономические выгоды для сельского хозяйства.

Очень важный фактор в жизни животных и растений, является ионным состоянием атмосферы. Поэтому необходимо исследовать влияние легких отрицательных ионов на живых организмах и возможных путях искусственной ионизации воздуха. Необходимо обратиться к структурам, схемам и методам расчета различных типов электрических ионизаторов для использования в животноводческих и птицеводческих объектах.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.В зависимости от электрофизических параметров примесей и разделения зерен зерновой массы в электростатическом поле короны?

2.Описать принцип работы электрической машины и методы их расчета.

3.Объясните принцип работы с осаждением распыления пестицидов при помощи электрического поля.

4.Определение путей достижения высокого напряжения поля электрического и объясняющие схемы умножения рабочего напряжения.

5.Какой эффект легких ионов в растениях и животных?

6.Объясните электрическое устройство ионизатора. Для какой цели используется в сельском хозяйстве?

3 Обработка семян и почвы электрическим полем

Несколько десятилетий ведутся работы по изучению влияния различных видов электрического тока на качество зерновых и овощных растений. Многочисленные исследования показали, что электричество в определенных дозах он является мощным стимулом, который увеличивает срок службы и производительность различных культур.

В исследовании различных конструкций, установки для предпосевной обработки семян следует сделать сравнительный анализ экономики и перспективы использования в сельскохозяйственной практике.

Пожалуйста, обратитесь к основным направлениям работы в области электрического тока обработки почвы (засоленности почвы борьбы, электрификации почвы электроосмоса, почвенные элементы, улучшающие следов и т.д.). Поймите, что в результате биологических и экономических.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.В каких процессов в сельском хозяйстве возможное использование токов промышленной частоты?

2.Как работает система для предварительной обработки семян высокого напряжения переменного тока?

3.Что такое стимулирующее действие электрического тока на семена различных растений?

4.Культивирование, который преобразует электрическое поле может быть использовано и которое отражено в его действии кем?

4 Электрический импульс в сельском хозяйстве

Большое практическое значение имеет использование высоких импульсов напряжения в электрических изгородях. Необходимо понять принцип работы высокого импульса напряжения на живых организмах и требования исследования для пульсаторов. Должны быть знакомы с различными типами пульсаторами и набором электрических ограждений, а также их соответствие установки и эксплуатации.

Некоторые процессы ведения сельского хозяйства может осуществляться под действием электричества (обработка почвы, чтобы уничтожить глыбы на полях, приготовление комбикормов, измельчения удобрений, пастеризованного и гомогенизируют молоко, увеличение активации воды семян дезинфекции, органических удобрений и сточных вод, бактерицидная обработка сельскохозяйственной пищи, воды и т.д.). Студент должен понять физическую природу явления электрического разряда в жидкости и проверьте электрические цепи и электрогидравлические системы на основе параметров выбора.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.Что такое эффект электрофизической природы?

2.В некоторых промышленных процессах, в сельском хозяйстве используется электрогидравлический эффект?

3.Каковы различные типы пульсаторов к электрическим заборам?

4.В чем разница в электрических ограждений для различных видов животных?

5.Изменение правил монтажа и эксплуатации электрических ограждений.

6. Указать использование передовых импульсов высокого напряжения в животноводстве и растениеводстве.

7. Для того, чтобы объяснить принцип обмолота в сочетании с искровым разрядом.

5 Применение ультразвуковых установок

В последние годы началось практическое применение ультразвуковых колебаний в сельском хозяйстве. Так как ультразвук механическая, тепловая, биологическая активность и физико-химические свойства, его использование очень широко. Ультразвук используется в ветеринарной медицине и животноводстве, а также в диагностических и терапевтических целях - чтобы определить, в естественных условиях в животном жире эмульсии и производства различных лекарственных форм, некоторые Наивысочайшие аэрозоли. В то же ультразвуковые колебания высокой производительности могут быть использованы для дезинфекции сельскохозяйственной продукции, семян предпосевной, осмотра и очистки сельскохозяйственных деталей машин.

Пожалуйста, обратитесь к различным способам получения ультразвуковых колебаний и электромеханические преобразователи, работающие правила.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Цели, для которых ультразвуковые колебания могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве?

2. Объяснить природу и основные проявления ультразвука.

3. Список основных методов генерирования ультразвуковых колебаний.

4. Каковы принципы электромеханических различных излучателей

6 Магнитная обработка материалов

В сельскохозяйственной практике магнитное поле обычно используются для уборки зерновых и сорных трав и фуража обработки загрязняющих частиц железа. Следует читать характеристики магнитного поля в качестве физического фактора, принципы и дизайн электромагнитной терапии. Кроме того, необходимо изучить физическую природу магнитной обработки воды, площади и эффективности его использования.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каково влияние магнитного поля на живые организмы?
2. Как очистки металлических частиц сырья магнитным полем?
3. Какова структура и принципы, на которых они работают
Электромагнитное трение автомобиль?

7 Теория и расчет электрооборудования

7.1 Общие положения

Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем тепловой энергии. Расчетные для сельского хозяйства тепловых стационарных процессов, в том числе и бытовых нужд потребителей в сельской местности составляет около 1200 ТВт×час

Тепловая энергия используется для обогрева жилых, общественных и промышленных зданий, в больших количествах горячей воды для создания необходимого микроклимата в животных и птицеводческих помещений и сельскохозяйственных культур защищенного грунта, дезинфекции и сушки сельскохозяйственной продукции, производство пара для различных технологических процессов. Тепло этих потребителей в настоящее время получают в основном за счет сжигания твердого и жидкого топлива в автономных системах отопления.

Важным вопросом является выбор источников для удовлетворения потребностей сельского хозяйства в огне.

Исследования показали, что некоторые из наиболее экономичных видов топлива могут быть рекомендованы для каждой зоны России.

Вопрос о выборе системы теплоснабжения различных сельскохозяйственных зданий и имеет большое значение и должно определяться с учетом концентрации тепловых нагрузок Belt объекта. При низкой плотности тепловых нагрузок в основном используются децентрализованное теплоснабжение от местной котельной. Для городских поселений, сельскохозяйственных животноводческих ферм и теплиц и тепличных растений наиболее целесообразно отопительных котлов, работающих на соответствующем топливе.

Ущерб от каждого гигаджоуля тепла может привести к негативным последствиям. Таким образом, улучшение нагрева сельскохозяйственного производства, электрификация тепловых процессов - огромное обеспечение для повышения продуктивности сельского хозяйства и уменьшения издержек производства.

Необходимо изучить технические преимущества электрических установок до обжига, основных из которых являются простота конструкции, простота в использовании и большие возможности для полной автоматизации процесса нагрева. Очень важный вопрос является то, что установка аккумулирования тепла, повышение эффективности инвестиций в сельской электрификации в связи с тем, что они могут быть включены в провале часов в графиках нагрузки, и тем самым увеличить использование сельских трансформаторных станций и сетей. В результате, можно будет удовлетворить тепловые потребности многих семей без существенной реконструкции линий электропередач.

Изучите основы теории электрического отопления, необходимо знать, что все материалы для их электрических свойств делятся на два класса:

- Проводниковые;
- Диэлектрики (изоляторы).

В то же время, есть полупроводники.

Электрическое отопление происходит в электромагнитном поле в результате поглощения электромагнитной энергии, которая

влияет на тело в виде потока вектора Пойнтинга и замкнутая поверхность, ограничивающей объем.

Баланс энергии на единицу время количества тела, чтобы быть нагрет определяется Пойнтинг теорема.

При рассмотрении электрических нагревательных проводов следует помнить о том, что глубина проникновения тока металла пропорционально сопротивлению и обратно пропорциональна частоте тока и магнитной проницаемости. Явление неравномерного распределения тока по сечению проводника, вызванного затуханием электромагнитных волн, называется скин-эффект.

Классификация электрических устройств может быть сделана с помощью метода преобразования электрической энергии в тепловую энергию, принцип работы этого вида использованного электрического тока назначения и исполнение. В соответствии с первым аспектом электротермической установки капельного электрического отопления:

- метод сопротивления;
- электрическая дуга;
- индукция;
- диэлектрик;
- электронный;
- свет.

Следующие условия должны быть в курсе, что электрическая технология нагрева принято:

–Электрический нагревательный элемент - порождающий источник тепла, электроэнергии, который преобразует в тепловую энергию;

–электрический нагреватель (ПЛК) - блок или устройство, в том числе электрических нагревателей рабочих камер и других элементов, связанных с комплексной структурой и предназначенных для выполнения конкретного процесса.

Общая задаче расчета электрических систем необходимо будет определить оптимальные значения тепловых и электрических параметров, которые обеспечивают наилучшую

эффективность работы, технологическую и экономическую. При расчете конструктивных параметров, указанных тепловой и электрической проводимостью, с помощью которых устройство может быть изготовлено.

Цель расчета выходного пособия заключается в определении возможности использования устройства в определенных условиях эксплуатации.

Полный расчет нагревателей и электрических систем включают в себя расчет тепловых, электрических, механических и гидравлических. В этом курсе мы рассмотрим только электрические и тепловые расчеты.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каковы характеристики отопления сельского хозяйства по сравнению с промышленностью?

2. Список тепловые процессы сельское хозяйство, в котором потребляемая мощность наиболее экономически эффективным и перспективным.

3. Определить особенности и преимущества электрических установок перед обжигом.

4. Как использование электроэнергии в термических процессах способствует реализации комплексной электрификации сельскохозяйственного производства?

5. Каковы основные способы преобразования электрической энергии в тепловую энергию, и объяснить их физическую природу.

7.2 Тепловой расчет электронагревателей

При изучении предмета студента должен понять, что конструкция нагревательного оборудования теплового основана на одновременном решении уравнений теплового баланса и теплопередачи, принимая во внимание динамику нагрева. равномерное нагревание тела решение уравнения кривой нагретый или зависимость температуры от времени нагрева. Важным параметром является время нагрева постоянная нагрева. Численно

это отношение его тепловой мощности тела и теплопроводность является время, в котором тело достигает стабильной при адиабатическом температуры нагрева.

Общие проблемы расчета силовой установки состоит из двух основных компонентов электрических и тепловых расчетов.

Целью вычисления тепла для того, чтобы определить, требуемое значение мощности установлено. Здесь внимание должно быть обращено на разницу в определении способности нагрева и непрерывной подачи, состоящем в том, что в случае длительной непрерывной выходной мощности происходит нагреться до структурных элементов самого завода является небольшой частью потребления энергии и можно пренебречь в практических расчетах.

При расчете теплового определяется несколько факторов: количество эффективного тепла, необходимое для нагревания материала, количество тепла будет нагревать часть конструкции системы отопления и макетирование потери тепла в окружающую среду. Особое внимание следует обратить на тот факт, что необходимое условие для постоянной температуры нагрева объекта, электрическая мощность установки определяется на основе теплопотерь объекта в окружающей среде.

После определения электрического нагрева определяет их тип конструкции и материалов при изготовлении нагревательного устройства, а также для определения соответствующего проектирования и монтажа электрических параметров.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что является основой для расчета тепла от нагревательных приборов?

2. Для того, чтобы задать фиксированное время нагрева. Как она определяется?

3. Как определить скорость нагрева?

4. Какие задачи помещаются в расчетах эффективности теплового и электрического отопления?

5.Перечень требований к материалам, используемым в производстве электрических систем отопления.

7.3 Основы нагрева электрическим сопротивлением.

Прямой нагрев.

Нагревание электрического сопротивления осуществляется путем введения кабеля (движущая среда) в электрической цепи. Изучая тему должны понимать основы физических, фундаментальных различий, преимущества и недостатки методов прямого и косвенного нагрева и их применение в области сельскохозяйственного производства.

Исследование прямого электрического нагрева метода, студент должен понимать, что тот же материал нагревает (металл, вода, почва и т.д.) является проводником электричества, генерирование тепла происходит непосредственно сам материал. По этой причине, этот метод называется «прямым нагревом».

Способ резистивного нагрева металла используется для нагрева металлических деталей в процессе обработки, сохраняя при этом поверхности и изношенные части.

Изучение функции нагрева металлического корпуса, то необходимо, чтобы понять, из-за того, что изменяет сопротивление и ток в рабочей цепи.

Примечание: Параметры сопротивление металла метод режим нагрева. Так как прямой нагрев, как правило, сопротивление нагретая часть мала, большой ток (сотни или тысячи ампер) при напряжении в нескольких вольт. Таким образом, эти устройства рассчитаны на питание от переменного тока понижающего трансформатора. Это необходимо, чтобы прочесть режимов работы отопительных контуров трансформаторов и прямых отопительных систем. Важно, чтобы уточнить существенные преимущества нагрева заготовок в установках, в прямой зависимости от нагревательной печи и горения печи непрямого действия, в которых основной нагрев при высокой текучести, достаточной равномерности нагрева.

И исследовать природу физических процессов, участвующих в контактной сварке металла (сварка) и электроконтактная сварке

соответствующих аппаратных блоков. Следует знать, что этот метод является наиболее экономичным типом уплотнения за счет локальной концентрации тепловой энергии и, следовательно, тепло на границе раздела между свариваемыми частями из-за значительного сопротивления в контакт с этой зоной.

Чтение радиаторам электродов, студент должен сосредоточиться на их особенности, преимущества и недостатки. Основные недостатки типа электрода нагрев изменяет их способность процесс нагрева и энергии по сравнению с физико-химических контролируемые объектами (температура, влажность, состав и так далее).

Учитывая метод расчета водонагревателей электродов и парогенераторы следует обратить внимание на тот факт, что изменение конструкции и геометрическая форма электродов изменить их электрическую эквивалентную схему. Таким образом, расчет должен быть применен к переменному току трехфазного, с соединением формулы или фазой звезды-треугольником.

Следует отметить различие в методах расчета расхода и стоя водонагреватели из-за того, что мощность нагревателей изменяется в застойном процессе нагрева воды в несколько раз, и поток мощности нагревателя в устойчивом состоянии (при расходе постоянной воды) можно рассматривать в постоянной практике. Это приводит к различиям в способе регулирования мощности этих типов водонагревателей, которые следует обратить внимание.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.Какова физическая природа электрических резистивных материалов пути и тем, что она имеет свои особенности и преимущество?

2.Заменить основные фундаментальные различия между прямыми и косвенными методами электрического отопления.

3.В каких областях сельскохозяйственного производства методом прямого нагрева с различными материалами?

4.Каковы основные параметры режимов при нагревании сопротивления металла.

5. Как определить мощность для нагрева металлов растений методом резистивного нагрева и времени?

7.4 Основы нагрева электрическим сопротивлением. Косвенный нагрев.

Косвенное электрическое нагревание является самым распространенным в минимуме - температура окружающей среды и процессы, а также в некоторых высокотемпературных процессах производства и ремонт. В косвенного нагрева с помощью тока, протекающего через металлическую трубу она нагревается и отдает тепло в окружающую среду за счет теплопроводности, метода или радиацией.

Необходимо иметь четкое представление о том, что основные электрические и физические свойства должны быть токопроводящие материалы, используемые в производстве нагревательных элементов, а также некоторые специальные сплавы лучше всего удовлетворяют этим требованиям. Это должно быть недостатки чистых металлов (молибден, вольфрам, ниобий) и стали, когда они используются в качестве нагревателей.

Одним из основных методов расчета открытых и закрытых нагревательных элементов является методом расчета таблицы (графика) нагрузки. Чтение это следует обратить особое внимание на необходимость в вычислении (вымышленном) температуры счета в системе и факторах окружающей среды, что позволяет использовать множество таблиц, созданные для горизонтальной проволоки в спокойной обстановке, а также при расчете нагревательных элементов расположены в различных средах и сборке.

При рассмотрении, как вычислить радиаторы стальной проволоки, следует помнить, что глубина проникновения тока металла пропорциональна сопротивлению называет, так что нагревательные элементы становятся относительно низкого сопротивления, в результате кожа имеет высокий уровень экспрессии.

Вы должны знать, что мощность нагревателя, когда размер данных можно регулировать путем изменения напряжения или

сопротивление нагревателя. Наиболее широко получил изменение регулирования мощности путем изменения общего сопротивления нагревателя, или переключения цепей.

Как вы знаете, все более широкое использование различных нагревательных устройств начинает получать трубчатые нагревательные элементы (нагревательные элементы), имеющиеся в продаже и является наиболее активным участием. Они имеют много преимуществ по сравнению с радиаторами, открытыми и закрытыми. Здесь следует обратить внимание на простоту расчета систем отопления с нагревательными элементами на поверхность допустимой мощности, в том числе в условиях нагревателей в конкретной среде.

Следует также изучить имеющуюся в продаже бренд нагревательных кабелей и проводов, их свойств, приложений, и, в частности, расчет отопительных труб изготовлен из стальной проволоки.

В сельскохозяйственной практике для молодых животных и птиц инфракрасных источников излучения используется. Инфракрасная функция нагрева является то, что максимальный эффект достигается путем нагревания спектр излучения, лежащие в инфракрасном диапазоне, и, насколько оптические свойства соответствующей среда нагревает.

относятся к различным источникам инфракрасного излучения, изучить их особенности, преимущества и недостатки, чтобы знать, в каких случаях целесообразнее использовать один или другой тип излучателя.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каковы характеристики нагрева стальной заготовки?
2. Каковы характеристики, преимущества и недостатки нагрева электрода?
3. Поскольку мощность нагревательного типа электрода на физическом и химическом нагреваемого материала?
4. Введите базовый элемент использования отопительных систем в сельском хозяйстве.

5.Каковы наиболее важные характеристики должны быть материалы, используемые для изготовления нагревательных элементов?

6.Какие материалы нагревательные элементы?

7.5 Электродуговой нагрев

В этом разделе необходимо изучить физическую природу электрических разряда, свойств и характеристик зажигания дуги, получения к эффектам, которые сопровождают искры.

Дуги (в газовой линии), длина не является однородной и состоит из трех последовательных секций: площадь катода и анода области столба дуги.

Следует отметить, что основные параметры электрической дуги характеризуются своими свойствами относительно вольт-амперной характеристики, представляющей зависимость падения напряжения тока дуги. Сварка является одним из самых современных методов для соединений различных металлов и сплавов.

В настоящее время доступны в дуговой сварке машины на переменном и постоянном токе. Необходимо проанализировать преимущества и недостатки этих двух типов установок, их конструкции, электрических цепей и переменного тока и постоянного тока. Вы должны знать требования к устойчивым источникам энергии и дуговой сварки высокого качества.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.Дайте определение «дуги»! Каковы его особенности и технические характеристики?

2.Поскольку возбуждение дуги стабильности горения и поддерживает СЕ?

3.Объяснять физические явления, происходящие в дуговой сварке.

4.Каковы различные типы электрических и какова их принципиальная разница?

5. Заменить основные преимущества и недостатки устройств с АС и DC сварки.

6. Определить требования к сварочному источнику питания.

7.6 Индукционные электронагревательные установки

Исследование высокочастотного нагрева, следует отметить, что это является прогрессивным способом с помощью проводников термообработки и диэлектриков. В настоящее время, в зависимости от электрических свойств материала, они широко используются два высокочастотных метода нагрева:

– индукционный нагрев электропроводного материала в магнитном поле;

– Диэлектрический нагрев полупроводников и диэлектриков в электрическом поле.

Индукционный нагрев проводят в переменном магнитном поле. Провода помещают в этой области нагревается за счет вихревых токов, наводимых в них в соответствии с законом электромагнитной индукции. Обратите внимание, что в зависимости от используемой частоты, можно проводить различные виды индукционного нагрева:

- поверхностность
- глубокая;
- сквозная.

Процесс использует высокочастотный скин-эффект явления упрочнения, и если частота магнитного поля можно регулировать в широком диапазоне глубины проникновения тока в металл и тем самым достичь заранее определенной толщины отвержденной пленки с очень высокой точностью. Здесь мы должны быть ясно, как к теплопроводности металла путем закалки роли и отрицательные сил, чтобы проводить процесс с высокой скоростью, и, таким образом, большие полномочия. Явление «катушки эффекта», то есть, высокочастотные токи свойство проходит через внутреннюю часть катушки, чтобы определить наиболее часто используемый метод индуктора в виде кольца,

автобусе или комплекс из медной трубы и подвода тепла в конкретной области.

Необходимо понимать, что достаточно высокая эффективность индукционного нагрева может быть получена только в соотношении специфического к размеру нагретого тела и частоте тока.

Студенты должны быть знакомы с методикой расчета катушек. В. Результат расчета зависит от тепловой энергии, подводимой к индукционной катушке, и удаляется из сети путем вычисления электрической определяет основные геометрические размеры катушки.

Студенты должны быть знакомы с коммерчески доступными основными типами машин и тока трубки высокочастотных генераторов, систем, технических свойств и их применимости к диэлектрическому и индукционному нагреву. Поэтому необходимо обратить внимание на особенность конструкции и параметры генератора колебательного контура принципиальных различия оборудования нагревательных кабелей и рабочих диэлектрики. Это очень важно, чтобы договориться о нагрузке и обеспечения оптимального режима генератора при нагревании материала. Следует также возможные пути повышения лампового генератор КПД диэлектрического нагрева и индукционные катушки компенсации реактивной мощности в индукционном нагреве.

Вы должны знать, что в последних двигателей-генераторов заменен на более надежных преобразователей статических предоставляемых на трансформаторах и тиристоров.

Должно быть знакомы с коммерчески доступными индукционными нагревательными установками и знаю, что они доступны для некоторых ключевых параметров.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каковы характеристики индукционного нагрева?
2. Перечень и описание видов индукционного нагрева.
3. Что называется «глубина проникновения» ток в металле?
4. Назначение и конструктивные индукторы устройство.

5.Каковы различные режимы высокочастотного индукционного нагрева?

6.Какие условия определяют выбор частоты оптимальной?

7.Цели, для которых индукционного нагрева сельскохозяйственного производства?

7.7 Диэлектрический нагрев

Изучение студент должен узнать о диэлектрический нагрев осуществляют в электрическом поле высокой частоты, так называемые токи смещения.

Нужно знать, что процесс нагрева в высоком диапазоне частот выполняются в конкретных законах различных нарушений, возникающих в обычных методах объекта передачи тепла за счет конвекции или проводимости. Нагрев материала с помощью токов высокой частоты, зависит главным образом от физических свойств (фактор потерь) и материальных параметров частоты и напряженности электрического поля. Однако, в отличие от нагрева с помощью внешнего источника тепла, скорость нагрева не зависит от размера и теплопроводности материала, и зависит от текущей плотности сумматоре.

С точки зрения использования диэлектрического нагрева в сельскохозяйственном производстве, следует отметить, что электрическое поле высокой частоты является особенно выгодной и экономически выгодной температурой и сухие материалы с низкой теплопроводностью, что характерно для многих сельскохозяйственных продуктов, таких как зерно, фрукты, овощи, шелковица стручки и т.д.

см диэлектрического нагрева и требования к ним.

Студент должен изучить правила расчета элементарных излучателей диэлектрических, способных определить номинальную мощность вибрации и выбрать интенсивность и частоту электрического поля.

Имейте в виду, что генераторы ТВЧ диэлектрические нагревательные трубы имеют много общего с индукционного нагрева генераторов, но есть различия, связанные с различными диапазонами частот между ними. Для того, чтобы повысить

интенсивность диэлектрического нагрева токами они используются в микроволновом диапазоне частот (УВЧ). Для того, чтобы сгенерировать микроволну, использование специальных электронных устройств - магнетроны, в которых генерация колебаний, передаваемой СВЧ скорости модуляции электронного пучка.

Вопросы для самостоятельной работы:

- 1.Списки диэлектрических применений нагрева в сельскохозяйственном производстве.
- 2.Функции вызовов и преимущества относительно диэлектрического нагрева для нагрева материала от внешнего источника тепла.
- 3.Так как каждое значение параметра зависит от диэлектрических потерь?
- 4.Каковы требования к диэлектрическим отопительным установкам?
- 5.Что такое вычисление диэлектрических нагревателей?
- 6.Значение зависит от высокочастотного поля предельного напряжения в нагретом объекте?
- 7.Каковы условия для правильного выбора частоты электрического поля, когда диэлектрический нагрев?
- 8.Объяснить цель и работу магнетрона.

8 Применение электротехнологических нагревательных установок в сельском хозяйстве

8.1 Электрические нагреватели воды, водяные котлы и паровые установки

В сельском хозяйстве, горячая вода получается и электрический нагреватель обжига, воды и паровые котлы горячей или водонагреватели в присутствии центральной котельной.

Выбранные нагреватели, рассчитанные по часовому потоку горячей воды от времени горячей воды и режимов потребления.

Монтаж систем отопления все шире используется в сельском хозяйстве. Многие хозяйства используют их для животноводческих ферм горячего водоснабжения, мастерских, гаражей, теплиц и других промышленных объектов.

Это больше знакомо с конструкцией и типом расчета для водонагревателя и электрода.

В настоящее время доступны мгновенные нагреватели воды для сельскохозяйственных целей и емкостного типов (ЭВ, ЭПВ, ВЭТ, УАП) широко используются в сельскохозяйственных животных. Необходимо изучить конкретные условия их работы, преимущества и недостатки, методы расчета мощности и автоматизации правил.

Для нагрева, промышленных, культурных и бытовых помещениях, а также для получения теплой воды на домашний скот промышленность производит бытовые котлы типа электрода энергии ЭПЗ, которую можно регулировать в диапазоне от 10 до 100% от номинального значения. Должно быть знакомы с их конструкцией, системами автоматизации и вычислительными функциями.

Важно электроподогрев воды для поливки животных и птиц. Вы должны понимать, что положительное влияние на питьевую воду отопления здоровья и продуктивности животных и птиц, а также состояние системы водоснабжения в животноводческих помещениях. Необходимо знать устройство принудительной циркуляции животных и движение электрически нагретой воды и автоматическим контролем температуры нагрева установки.

Типы электродов котлов и компонентов, используемых в сельскохозяйственных животных на паре корма, молоко пастеризуют и т.д.

Расчет начала парового котла путем определения количества пара, необходимый для процесса. Электрический паровой котел является расчетом для расчета средней мощности мощности парового котла.

В настоящее время, комплексное строительство потребителей тепла сельскохозяйственного электрического котла.

Электрическая мощность котла определяется суточной нагрузкой график тепла на основе питания в режиме нагрузки сети и распределительных сетей. Особое внимание следует обратить на тот факт, что электрический котел являются крупнейшими потребителями электроэнергии в сельском хозяйстве и строительстве требует строгого технико-экономического обоснования.

Большое внимание должно быть уделено безопасности при монтаже и эксплуатации установок, перечисленных выше.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. В качестве электродов, расположенных нагревателей и паровых котлов, и каковы их преимущества и недостатки?

2. Каковы различия в методах расчета стоя и протекающие водонагреватели электрода?

3. Так как любое изменение в параметрах электрода зависит от мощности стоячей воды нагревателей в процессе нагрева?

4. Какие компоненты водонагревателей используются в сельском хозяйстве, и каковы их структурные различия?

5. Какой метод для определения требуемой мощности котла?

6. Опишите электродкотельное устройство. Как автоматизация режима управления котлом?

7. Что построены суточные графики тепловой стресс?

8. Заменить основные правила безопасной эксплуатации электрических котлов.

8.2 Электрическая установка для создания и поддержания микроклимата в сельской местности

Особое внимание уделяется формированию необходимого микроклимата в помещениях для скота и птицы, которая является основным фактором в поддержании домашнего скота и повышения продуктивности животных и птиц, а также помогает увеличить срок службы процесса и электрического оборудования и тех же

помещениях. Микроклимат параметры управления осуществляется в основном с помощью систем отопления и вентиляции. В этом исследовании, субъект должен знать, что электрическое отопление установлены в питомнике подразделяется на общее и местное отопление. использование электроэнергии из наиболее подходящих для локализованного нагрева.

Для общего обогрева животноводческих помещений общих систем отопления и вентиляции с помощью электротехнологических установок. Таким образом, студент должен уделять много времени на изучение моделей электронагревателей производства сельскохозяйственной промышленности, а также узнать, как выполнить расчет электрических установок для нагрева воздуха.

Расчет воздухонагревателей для обогрева животноводческих помещений на основе уравнения теплового баланса. Выбор материала для нагревательных элементов должны быть сделаны на основе рабочей температуры и ограничить размеры сборки. При анализе систем автоматизации вентиляции и отопления следует обратить внимание на сложность регулирования их деятельности, как и при любой температуре, требует правильного воздухообмена. В настоящее время доступны на рынке наборов для отопления и вентиляции, таких как «Климат» и «Электrokлимат», которые предназначены для автоматического поддержания набора параметров, микроклимат в животноводческих помещениях.

Необходимо прочитать принцип работы теплообменников и устройств, которые не излучались теплом вентилируемого воздуха через теплоуловители. Такая установка чрезвычайно проста и экономична, и позволяет обеспечить желаемую температуру внутри животноводческих помещений, без дополнительного нагрева при наружной температуре 15 - 20 ° C

Они занимают особое место в системе отопления с компрессором и термоэлектрических тепловых насосов. Студент должен изучить физическую природу явления термоэлектрического нагрева или охлаждения, а также знать, где найти такие приложения, установленные в сельскохозяйственном производстве.

Необходимо знать, какие условия оптимальны для зоотехнических животных и птиц можно создать условную

установку воздуха, с которой контролируются влажность, температура и состав газа в воздухе.

Значение необходимо для поддержания оптимального микроклимата в начальный период развития молодых животных и птиц, потому что это означает, что локальное электрическое отопление используется с обычными системами отопления.

Использование электроэнергии для целей позволили создать надежную, простую и безопасную сборку, которая автоматически поддерживается с высокой точностью требуемой температурой. Чтение различных видов растений (Инкубатории, электрические полы с подогревом, маты, коврики и т.д.) должны понимать друг друга свои положительные стороны и преимущества, особенно проектирование и монтаж электропроводки и автоматики правил.

Проектирование и расчет системы должны быть в состоянии принять решение о выборе конкретного способа централизованного теплоснабжения для корпуса скота на основе технико-экономических показателей.

Пример герметичных нагревательных элементов может содержать инкубаторы. Нагревание инкубаторов с использованием электроэнергии будет полностью автоматизировать все условия процесса и улучшить выводимость. Изучение диаграммы инкубаторов и устройства автоматизации, иметь в виду, что инкубация яиц полностью электрический тепловой процесс в сельском хозяйстве.

Вопросы для самостоятельной работы:

Объяснить роль и список параметров оптимального микроклимата животноводческих помещений.

Методы расчета электрического нагрева.

Что такое электрическое оборудование, используемое в животноводческих и птицеводческих фермах, чтобы создать необходимый климат?

Каков принцип теплообменников и какие типы теплоуловители используются для обогрева животноводческих помещений?

Для пояснения работы трансформаторов и тепла компрессора.

Объясните принцип термоэлектрических преобразователей (полупроводник) нагрева.

Что электрическая установка для локального обогрева молодых животных и птиц, в настоящее время используется?

Как они автоматизированы инкубаторы и типа «Универсальный»?

8.3 Электрическая сушка, термическая обработка и хранение сельскохозяйственной продукции

Сушка сельскохозяйственных продуктов может повысить стабильность и, в некоторых случаях, повысить их качество (например, после сушки семян).

Это должно быть известно, что электрическое отопление может быть использовано в современных методах термической сушки; Конвективный, проводящий терморadiационный.

Увеличение начальной прием распределения с помощью аэрации сушки зерна в бункерах или сушилках на пол, что объясняется не только за счет увеличения числа электрических нагревателей и тепловых ферм, а простота конструкции, универсальность этого типа сушил и качество высушенного зерна. При сушке семян и консервированные качества продовольственного зерна. Должно быть знакомы с эти конструкции сушильных установок, режимов технологии сушки зерна и методы определения соответствующих электрических нагревателей воздуха питания.

Во всех основных регионах страны, где они могут быть использованы для аэрации высококалорийного сена. Описывая данный процесс с помощью этой технологии, его преимущества по сравнению с сушкой сена в поле и при установке электрического оборудования.

Он должен быть знаком с различными устройствами для сушки терморadiационного (инфракрасное излучение), который имеет подвод тепла вещества высокой интенсивности.

Необходимо исследовать конструкцию устройств для высокочастотной сушки и дезинфекции различных

сельскохозяйственных продуктов, параметры рабочих условий и производительности потребления энергии конкретного потребления энергии в процессе.

Для поддержания оптимальных параметров процесса на заводе - и картофель, чтобы создать систему автоматического регулирования температуры и влажности с активной вентиляцией. Вы должны изучить различные способы создания условий оптимального для хранения фруктов, овощей и картофеля, чтобы ознакомиться с основным оборудованием таких установок и наиболее распространенных систем автоматизации. Необходимо изучить метод расчета эффективности и способности системы вентиляции и охлаждения.

Одним из наиболее распространенных способов сохранения качества молока и других пищевых продуктов является их пастеризации. Наиболее часто используется электрическая пастеризованное молоко. Необходимо рассмотреть основные конструктивные особенности и электропастеризаторов типа электроды (HF), для электрической накачки пастеризации и охлаждения молока и проверить возможность их условий использования.

Электрический нагрев обычно используется в животноводстве для тепловой обработки различных видов кормов. Есть два типа электрических запарных установок:

нагревательные средства, расположенные в пределах запарного ковша;

электродные паровые котлы.

когда; исследования по различным видам электрозапарников следует обратить внимание на экономические показатели и режимы конкретных операций.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.Объяснить список значений и способов сушки сельскохозяйственных продуктов и кормов для животных.

2.Объяснить устройство установки электрически активной вентиляции воздуха, а также для выбора перспективных областей применения в сельском хозяйстве.

3. По какому принципу основана система автоматизации, системы активной вентиляции?

4. Каковы характеристики электротермодинамической сушки?

5. Объяснение процесса сушки в высокочастотные полупроводниковые материалы и перечисленных преимуществ этого метода.

6. Описывает систему для сушки высокой частоты и дезинсекции зерна.

7. Какие типы электропастеризаторов используются в сельском хозяйстве, и каковы структурные различия между ними?

8. Объяснение пастеризации электрода устройства и каковы характеристики их работы.

9. Как часть электрода и запарных установок?

10. Каков принцип запарных электродных узлов и деталей?

8.4 Электрическое отопление в парниках и теплицах

Тепличные объекты выращивания, чтобы создать благоприятный климат для увеличения использования электрического отопления происходит. В настоящее время наиболее широко используется электрическое отопление, полученные в тепличных хозяйствах в южных регионах страны, а весной пленочных теплицах.

Исследование электрического нагрева, защищенный грунт; Она должна начинаться с вопроса о власти. Поэтому необходимо обратить внимание на позитивный факт, что из-за большой емкости почвы, эти мощные потребители электроэнергии могут быть переключены на обязательное расписание, а так как потребители, регуляторы провалов в графиках силовых трансформаторов нагрузок. Потом понять преимущества электрических обогрева теплиц и оранжерей по сравнению с водой и паром и нагревают, чтобы узнать основные методы почвы и воздушного отопления с помощью электричества. Особое

внимание следует обратить на тот факт, что электрическое отопление намного проще, чтобы полностью автоматизировать процесс контроля условий температуры и влажности,

В исследовании преимущество и недостатки различных способов электрического нагрева и воздушный электрод почвы (элементарные электрические нагреватели) пригодность конкретного метода должны быть оценены с экономической точки зрения. Таким образом, на практике для нагрева воздуха и почвы в теплице, наиболее часто используемый метод элемента, используя нагревательный провод или стальной проволоки асбестовые трубы. В то же время, в теплице (большой объем воздуха в растущих областях) элементарного способ нагрева воздуха из-за значительные технические трудности и экономически низкий нагреватель. Таким образом, в теплицах часто они используют комбинированный способ нагрева: воздух нагревается от электрических нагревателей или воды и почв

Расчет нагревательных приборов и теплицы вспышки ограничен, как правило, для определения необходимых мощности и конструктивных параметров нагревательных элементов. Следует отметить, что требуемая мощность нагревательного устройства определяется из условия теплового режима сбалансированы в теплицах и в огне, но это просто необходимо, чтобы нагреть практический расчет потерь на стекле.

Перспективные отопительные приборы для обогрева грунта, который в последние года начинает все более и более распространенное явление. Изучая эти устройства должны проконсультироваться с их экономической эффективностью, на основе которых анализ становится понятным значение изолирующей подложки.

Таким образом, следует обратить внимание на основные меры безопасности при использовании электрических установок в районах выращивания.

Вопросы для самостоятельной работы:

1.Каковы характеристики теплиц и оранжерей с электрообогревом, потребители электроэнергии, что?

2.Какова основной метод электрического нагрева почвы и воздуха в парниках и теплицах?

3.Каков порядок расчета электрического силового оборудования для теплиц?

4.Каковы основные преимущества и недостатки электрода и элементарные методы нагрева почвы в парниках и теплицах.

5.Что является функцией факторов нагрева стальной проволоки в асбестоцементных трубах для обогрева теплиц и оранжерей?

6.Как автоматический контроль температуры и влажности в теплицах и оранжереях?

7.Каковы условия эксплуатации конкретных и безопасность электрооборудования в районах выращивания?

8.5 Отопление и электронагрев электромеханически оборудованных ремонтных мастерских

Отопление и термообработки играют важную роль в ремонте сельскохозяйственной техники. Электрический нагрев в основном используется для термообработки части: пайки, сварки, нагрев заготовки перед обработкой, нанесение покрытия изношенных деталей и т.д., необходимо изучить устройство и назначение электрических печей сопротивления, нагреватели знают методику расчета и эксплуатации, автоматические системы управления электрическая печь.

отношусь к созданию солевых ванн и электродов, чтобы предотвратить преимущество подогрева масла в ванне с жидкими и основными условиями.

Семинар сельскохозяйственных широко используется в дуговой электропечи переменного и постоянного тока для ремонта тракторов и сельскохозяйственных машин. Для повышения эффективности электродуговой сварки и улучшить качество работы разработанного и изготовленного автоматические и

полуавтоматические устройства и системы, которые должны быть использованы. Это очень важная работа в электросварочных машинах вопросы безопасности. При проведении необходимых мероприятий по технике безопасности дуговой сварки и сопротивления считаются безвредными для производства медицинских процессов человека. Мы должны твердо знать все правила, чтобы обеспечить безопасность работы на сварочных машинах.

Нам нужно знать, что в дополнение к сварочной дуги в последнее время широко используется для ремонта изношенных деталей металлизацией.

В исследовании индукционного оборудования тепловых станций и оценки экономической эффективности методы индукционного нагрева следует принимать во внимание не только значительно ускорить и укрепить металлическое качество обработки, но и очень важный факт, что термическая обработка высокочастотных обработки металлов, условие, аналогичное тем, что действует в залах холоде. Таким образом, в настоящее время высокочастотного индукционного нагрева используется наиболее часто во многих автомобильных компаний отрасли, заводов, сельскохозяйственных машин и крупных машин ремонтных станций.

Для того, чтобы прочесть цепи Токи автоматизированного управления процессом обработки металлов индукции, определенных заранее, и исполнительные механизмы этих систем. Другой вопрос, который следует рассмотреть, является использование флота низкотемпературных сельскохозяйственных агрегатов (стиральные машины, ванны, электровулканизаторы, тракторов и автомобилей радиатора зимой). Необходимо изучить их структуру и функцию.

Вопросы для самостоятельной работы:

То, что он используется при ремонте электрооборудования производства?

Объясните устройство и назначить электрические печи сопротивления. Как режим автоматизации их работы?

Какое оборудование используется для дуговой сварки?

Каковы правила безопасной эксплуатации сварочного оборудования?

Каково влияние технических и экономических систем с использованием высокой индукции частоты?

Каков принцип вулканизации электричества?

Какие низкотемпературные устройства используются в сельскохозяйственном производстве? Объясните их назначение.

8.6 Техничко-экономическое обоснование по потреблению электроэнергии на тепловую энергию, используемую в сельскохозяйственном производстве

В настоящее время, в зависимости от типа источника энергии являются потребителями сельскохозяйственных методов нагрева: топливо, электрические и гибридные (топливных и электрических).

Проблема технической и экономической оценки является правильно выбрать систему отопления, обеспечивающую, по меньшей мере стоимость капитала получения желаемого количества тепла от параметров, необходимых для данных процесса сельского хозяйства.

Имейте в виду, что выбор конкретного метода нагрева следует учитывать энергию, технологические и экономические аспекты. критерий оптимальности производительности, по крайней мере снижение затрат, которые в стоимостном выражении отражаются все аспекты выбора метода нагрева. Эти удельные затраты включают капитальные затраты на строительство электростанций (с эффективностью инвестиций регуляторного фактора) и эксплуатационных затрат, т.е. стоимость капитала и текущий ремонт, техническое обслуживание, топливо и другие расходы, прямо или косвенно связаны с производством тепла и его доставки потребителю. В то же время электротеплоснабжения оценки экономической целесообразности может быть двоякая:

ходить по магазинам, когда результаты расчетов показывают жизнеспособность вариантов с точки зрения потребителя;

Национальная экономическая целесообразность идеи вариантов данных с точки зрения национальных интересов.

Когда национальные оценки экономических затрат рассчитываются в годовой потребительской стоимости закрытия электротепла.

Мы должны также рассмотреть вопрос о разработке дополнительного технологического эффекта с помощью электрических систем точных поддерживают заданные температурные условия и надежность растений (сокращение числа аварий и нарушений технологических режимов). Эти дополнительные экономические выгоды могут быть выражены с целью повышения производительности, улучшения их качества, что снижает потери и т.д.

В настоящее время мы создали все основные условия для увеличения использования электроэнергии для отопления цели сельского хозяйства, электричества в качестве источника тепла имеет очень большое преимущество по сравнению с установками сжигания в технических и эксплуатационных аспектах. Строительство объектов сельского хозяйства систем отопления с электрическими нагревателями вместо горения источника тепла, так что во многих случаях, получить значительную экономию затрат и сокращение персонала.

При изучении данной темы необходимо уточнить, что при сравнении вариантов энергоснабжения следует рассматривать в качестве основных факторов экономических выгод электротермических установок.

Пожалуйста, обратите внимание, что сравнение различных вариантов отопления должно выполняться на указанном учете затрат, в том числе инвестиционных затрат, связанных со строительством электростанций (в зависимости от соотношения нормативной эффективности капитала) и операционных затрат, т.е. стоимости капитального и текущих ремонтов, технического обслуживания, топлива и других расходов прямо или косвенно связаны с производством тепла и его доставки потребителю.

Вопросы для самостоятельной работы:

Какие методы используются для обогрева сельскохозяйственных потребителей?

Перечень основных факторов экономической выгоды электротермических установок.

Какие аспекты следует учитывать при сравнении возможности нагрева вариантов?

Объясните основные методы сравнения энергетических вариантов.

В смете расходов на отопление варианты?

Для некоторых конкретных показателей может иметь, сравнительный анализ вариантов для нагревания?

В каких областях сельского хозяйства в настоящее время рациональное использование электрического отопления?

ЗАДАЧИ И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

1 Расчёты тепловых режимов нагревательных установок

1.1 Задачи

Габаритные размеры печи для заковки кирпичей $500 \times 400 \times 800$ мм. Толщина шамотовой кладки $\delta_{\text{ш}} = 115$ мм, ширина термоизоляции из вермикулита $\delta_{\text{в}} = 250$ мм. Определить температуру внутренней поверхности нагревательной печи, температуру между слоями огнеупорной кладки и теплоизоляции, и температуру наружного слоя, если известно, что тепловые потери равны 1,8 кВт.

Определить мощность электропечи для нагрева чугунных деталей с внутренним радиусом 100 мм и длиной 250 мм. В печь за один раз укладывается 20 деталей. Время нагрева 1,5 часа. Температура, создаваемая для заковки 780°C . КПД печи 60%.

Полезная мощность электронагревательной установки 8 кВт, тепловые потери мощности 3,6 кВт. Найти КПД данной установки. Определить, как изменится КПД нагревательного устройства после изменения конструкции, если в ходе расчёта нагревательных элементов на большую мощность время нагревания материала сократилось с 1,5 ч до 1 ч.

Внутренние габаритные размеры электропечи для заковки автомобильных деталей составляют $600 \times 300 \times 500$ мм. Толщина огнеупорной шамотовой кладки 130 мм. Толщина теплоизоляционного материала из минеральной ваты 220 мм. Найти тепловые потери мощности печи, если температура внутри камеры заковки 1100°C .

Рассчитать мощность, необходимую для обогрева района теплых парников, находящихся в области г. Омск и предназначенных для выращивания огурцов и помидоров. Оконные рамы имеют двойной стеклопакет.

Рассчитать мощность для обогрева территории полутеплых парников, работающих в области г. Псков и рассчитанных для выращивания моркови. Остекление оконных рам одинарное.

При сильных заморозках для того, чтобы не увеличивать электрическую мощность нагревателей парников, оконные рамы

закрывают теплоизоляционными прослойками (матами). Рассчитать, какой толщины должен быть мат из соломы при условии задачи № 5, чтобы сохранить начальные тепловые потери мощности в атмосферу при понижении температуры до -25°C ?

Определить тепловые потери через ограждение стандартного свинарника на 150 голов. На сколько они изменятся с увеличением толщины изоляционного слоя?

Примечание. Строительные размеры сооружения выбрать в справочнике по сельскому строительству.

Найти количество теплоты, выделяемое животными в стандартном свинарнике на 350 голов в феврале.

Примечание. Использовать типовые таблицы оборота поголовья стада.

Найти самую эффективную толщину теплоизоляционного слоя электронагревательной установки, работающей в течение 750 ч в год, если известно, что температура нагрева 300°C , температура окружающей среды 25°C , материал теплоизоляции стекловата, затраты на амортизацию 22%.

Определить усредненное количество теплоты, отводимое из помещения при вентиляции (телятник на 200 голов), если установлено, что ферма находится в Новгородской области.

Рассчитать, что является экономически более выгодным: построить свинарник без окон и целые сутки держать включенным освещение или построить свинарник по типовому проекту? Ответ обосновать расчетом.

Габаритные внутренние размеры печи $700 \times 800 \times 1200 \text{ мм}$. Толщина огнеупорной шамотовой кладки 120 мм, а толщина изоляционного материала из стекловаты 230 мм. Температура при работе печи 1200°C , температура между слоями изоляции 850°C , температура наружной стенки 60°C . Какое времени необходимо, чтобы разогреть печку до установившегося рабочего режима, если номинальная мощность нагревателей равна 12 кВт?

Железо расплавляется в открытой индукционной печи. Установленная температура поверхности 1000°C . Внутренний диаметр тигля 15 см. Рассчитать тепловую мощность, излучаемую поверхностью металла в окружающую среду с температурой 22°C .

Сверху над расплавленным металлом (см. условие предыдущей задачи) для снижения тепловых потерь установили

изолирующий экран из полированного алюминия. Как уменьшились потери тепла, произвести расчет?

Бочка для нагревания воды до температуры кипения покрыта листом асбеста толщиной 3,5мм. Высота бака 1 м, диаметр 0,7м. Определить тепловые потери с боковой и торцевой поверхностей бака?

Определить самые эффективные размеры бака для нагревания воды объемом 500 л.

Рассчитать толщину изоляционного слоя вокруг бочки радиусом 0,3м, если температура нагревания воды в ней 100°C, предельная температура наружной стенки 45°C, а температура окружающей среды 10 °С. Материал изоляции - асбест.

Печь в виде цилиндра с внутренним радиусом 0,5м производит нагревание металла до температуры 650°C. Материал теплоизоляции - шлаковата. Температура внутри помещения 22 °С, а предельно допустимая температура стенки печи 50°C. Рассчитать требуемую толщину теплоизоляции.

1.2 Примеры расчетов. Расчет тепловой изоляции и определение мощности закалочной печи.

Задание:

Рассчитать тепловые потери для нагрева под закалку стальных стержней диаметром 80мм и длиной 350мм. В печь одновременно укладывается 6 деталей. Между деталями и тепловой изоляцией рекомендуется зазор размером 110 - 140мм. Продолжительность нагрева 2ч. Температура закалки 870°C. Тепловая изоляция состоит из двух слоев: первый слой толщиной 65мм - из шамотовых кирпичей; второй слой - вермикулитовая засыпка толщиной 250мм. Подсчитать мощность, необходимую для нагрева, и К.П.Д. нагрева для холодной и горячей печи. Какую температуру должна иметь наружная стенка печи? Какова температура между слоями изоляции?

Решение:

1. Масса стержней:

$$m_o = n_o \times \gamma \times \frac{\pi d^2}{4} \times l$$

$$m_0 = 6 \times 7,8 \times \frac{3,14 \times 0,8^2}{4} \times 3,5 \approx 82 \text{ кг}$$

где: m_0 - число стержней, 6 шт;

γ - плотность стали, 7,8 кг/дм³ (приложение 1);

d - диаметр стержня, 0,8 дм;

l - длина стержня, 3,5 дм.

2. Энергия, необходимая для нагрева деталей:

$$Q = c \times m_0 \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})$$

$$Q = 0,482 \times 82 \times (870 - 20) = 33500 \text{ кДж}$$

где c - теплоемкость стали = 0,482 кДж/(кг×°С) (приложение 1);

3. Полезная мощность

$$P_{\text{пол}} = \frac{Q}{\tau} = \frac{33500}{2 \times 3600} = 4,65 \text{ кВт}$$

4. Вычерчиваем эскиз футеровки печи

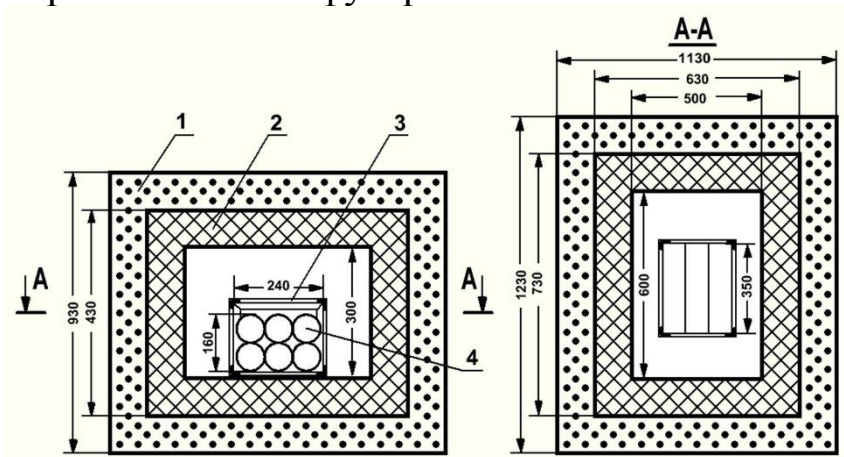


Рис. 1. Эскиз футеровки закалочной печи: 1 - слой теплоизоляции; 2 - слой огнеупорной изоляции; 3 - нагреваемые детали; 4 - контейнер из жаропрочной стали

5. Внутренние габариты печи примем (по эскизу) 600×300×500мм. Габариты шамотовой кладки 730×430×630мм. Наружные габариты печи 1230×930×1130мм.

6. Внутренняя поверхность печи:

$$F_1 = (0,6 \times 0,3 + 0,6 \times 0,5 + 0,3 \times 0,5) \times 2 = 1,26 \text{ м}^2$$

7. Наружная поверхность шамотовой кладки:

$$F_2 = (0,73 \times 0,43 + 0,73 \times 0,63 + 0,43 \times 0,63) \times 2 = 2,09 \text{ м}^2$$

8. Наружная поверхность печи:

$$F_3 = (0,93 \times 1,23 + 0,93 \times 1,13 + 1,23 \times 1,13) \times 2 = 7,08 \text{ м}^2$$

9. Средняя поверхность шамотовой кладки:

$$F_{ш} = \sqrt{F_1 \times F_2} = \sqrt{1,26 \times 2,09} = 1,62 \text{ м}^2$$

10. Средняя поверхность теплоизоляционной засыпки:

$$F_{\epsilon} = \sqrt{F_2 \times F_3} = \sqrt{2,09 \times 7,08} = 3,85 \text{ м}^2$$

11. Масса шамотовой кладки:

$$m_{ш} = \gamma_{ш} \times F_{ш} \times \delta_{ш} = 2,58 \times 1,62 \times 0,065 = 0,271 \text{ т} = 271 \text{ кг}$$

где: $\gamma_{ш}$ - плотность шамотовой кладки = $2,58 \text{ кг/дм}^3 = 2,58 \text{ т/м}^3$.

12. Масса теплоизоляционной засыпки:

$$m_{\epsilon} = \gamma_{\epsilon} \times F_{\epsilon} \times \delta_{\epsilon} = 0,25 \times 3,85 \times 0,25 = 0,24 \text{ т} = 240 \text{ кг}$$

где: $\gamma_{\epsilon} = 0,25 \text{ кг/дм}^3 = 0,25 \text{ т/м}^3$.

13. Массу жаропрочных изделий подсчитывают после проектирования контейнера для загрузки деталей и других установочных конструкций. Примем ориентировочно:

$$m_{жс} = 0,25 m_{\partial} = 20 \text{ кг}$$

14. Тепловые потери печи:

$$P_{пот} = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{\frac{1}{\alpha_{нар} F_3} + \frac{\delta_{\epsilon}}{\lambda_{\epsilon} F_{\epsilon}} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш} F_{ш}} + \frac{1}{\alpha_{вн} F_1}}$$

$$P_{пот} = \frac{870 - 20}{\frac{1}{12 \times 7,08} + \frac{0,25}{0,15 \times 3,85} + \frac{0,065}{1,25 \times 1,62}} = 1780 \text{ Вт}$$

где: $\alpha_{нар} = 12 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{С)}$ для кирпичных и металлических окрашенных стен при температуре $40-60^\circ\text{С}$;

λ_{ϵ} - теплопроводность вермикулита = $0,15 \text{ Вт/(м} \times ^\circ\text{С)}$;

$\lambda_{ш}$ - теплопроводность шамота = $1,25 \text{ Вт/(м} \times ^\circ\text{С)}$.

Теплоотдачей внутренней стенки пренебрегаем $\frac{1}{\alpha_{вн} F_1} = 0$.

15. Мощность, необходимая для нагрева деталей в стационарном режиме:

$$P = P_{пол} + P_{пот} = 4,65 + 1,78 = 6,4 \text{ кВт}$$

16. Температура между слоями:

$$t_{cl} = t_{вн} - P_{nom} \times \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш} F_{ш}} = 870 - 1780 \times \frac{0,065}{1,25 \times 1,62} = 813 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Эта температура должна быть ниже допустимой рабочей температуры для выбранного типа изоляции (проверяется по приложению 2).

17. Температура наружной стенки печи:

$$t_{cm} = t_{нар} + \frac{P_{nom}}{\alpha_{нар} \times F_3} = 20 + \frac{1780}{12,0 \times 7,08} = 41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

18. Средняя температура шамотовой кладки:

$$t_{ш} = \frac{t_{вн} + t_{cl}}{2} = \frac{870 + 813}{2} = 842 \text{ } ^\circ\text{C}$$

19. Средняя температура теплоизоляционной засыпки:

$$t_{вн} = \frac{t_{cl} + t_{cm}}{2} = \frac{813 + 42}{2} = 427 \text{ } ^\circ\text{C}$$

20. Количество тепла, необходимое для нагрева шамотовой кладки:

$$Q_{ш} = c_{ш} \times m_{ш} \times (t_{ш} - t_{нар})$$

$$Q_{ш} = 0,89 \times 271 \times 822 = 203000 \text{ кДж}$$

где: $c_{ш}$ - теплоемкость шамота;

$$c_{ш} = 0,88 + 0,23 \times 10^{-3} \times \left(\frac{t}{2}\right) = 0,88 + 0,23 \times 10^{-3} \times 421 = 0,89 \text{ кДж}/(\text{кг} \times ^\circ\text{C})$$

21. Количество тепла, необходимое для нагрева вермикулитовой засыпки:

$$Q_{в} = c_{в} \times m_{в} \times (t_{в} - t_{нар})$$

$$Q_{в} = 0,63 \times 240 \times 407 = 60000 \text{ кДж}$$

где: $c_{в}$ - теплоемкость вермикулита = 0,63 кДж/(кг×°C).

22. Количество тепла, необходимое для нагрева жаропрочных изделий:

$$Q_{ж.д} = c_{ж.д} \times m_{ж.д} \times (t_{вн} - t_{нар})$$

$$Q_{ж.д} = 0,482 \times 20 \times 4850 = 8200 \text{ кДж}$$

23. Суммарное количество тепла, необходимое для нагрева конструкции печи:

$$\sum Q_{\text{констр}} = Q_{\text{ш}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{ж.д}} \quad \sum Q_{\text{констр}} = 203000 + 60000 + 8200 = 271200 \text{ кДж}$$

24. Продолжительность нагрева печи при мощности 6,4 кВт:

$$\tau = \frac{\sum Q_{\text{констр}}}{3600 \times (P - \frac{P_{\text{ном}}}{2})} = \frac{271200}{3600 \times (6,4 - \frac{1,78}{2})} = 13,7 \text{ ч}$$

Полученный результат надо проанализировать с точки зрения сменности работы установки. При односменной работе такое время прогрева вполне допустимо, так как для разогрева печи может быть использовано время между сменами. При двухсменной работе это время надо довести до 7ч. Тогда мощность печи надо увеличить до 11 кВт.

25. К.П.Д. горячей печи:

$$\eta_{\text{г}} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{пол}} + P_{\text{ном}}} = \frac{4,65}{4,65 + 1,78} = 0,723$$

1.3 Примеры расчетов. Расчет мощности, необходимой для обогрева свиначника-маточника.

Задание:

Рассчитать мощность и расход электроэнергии для обогрева свиначника-маточника на 100 голов, построенного в Челябинской области. Материал - кирпич. Толщина стены 38см.

Решение:

1. В справочной литературе дается количество тепла, выделяемое одним животным в единицу времени $Q_{\text{ж}}$ при температуре в помещении 16°C . Так как зимой обычно поддерживается температура 8°C , то выделяемое одним животным количество тепла должно быть пересчитано на эту температуру по формуле (для других помещений и в других зонах температура $t_{\text{вн}}$ может быть иной).

$$Q'_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} [1 + 0,0035 \times (16 - t_{\text{вн}})] = 1,28 Q_{\text{ж}}$$

Результаты пересчета записывают в таблицу.

Таблица 1

Группа	Оборот поголовья стада	$Q_{\text{ж}}$	$d_{\text{в}}$	$Q'_{\text{ж}}$	0,75
--------	------------------------	----------------	----------------	-----------------	------

животных						Вт	г/ч	Вт	$Q'_{ж},$ Вт
	ноя брь	дека брь	янва рь	фев раль	март				
Матки супоросные до 2 месяцев	65	30	—	—	35	267	100	372	279
Матки супоросные свыше 2 месяцев	35	70	65	30	—	325	120	416	312
Матки подсосные	—	—	35	70	65	545	200	698	523

2. Тепло, выделяемое животными (25% вычитается на испарение влаги кожей и легкими):

$$\sum Q_{ж} = 0,75N \times Q'_{ж}$$

где: N - число животных данной группы.

При расчете пользуются таблицей 1, обычно составляемой зоотехником; результаты расчета сводят в таблицу 2.

Таблица 2

Группа животных	Мощность тепловыделения, кВт				
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Матки супоросные до 2 месяцев	18,1	8,37	—	—	9,78
Матки супоросные свыше 2 месяцев	10,9	21,8	20,3	9,36	—
Матки подсосные	—	—	18,3	36,5	33,9

ИТОГО	29	30,2	38,6	45,9	43,7
-------	----	------	------	------	------

3. Количество водяных паров, выделяемых животными:

$$d'_e = d_e \times N$$

где d_e - количество паров, выделяемых одним животным.

Расчет ведут на основании таблицы 1, результаты сводят в таблицу 3.

Таблица 3

Группа животных	Мощность тепловыделения, кВт				
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Матки супоросные до 2 месяцев	6500	3000	—	—	3500
Матки супоросные свыше 2 месяцев	4200	8400	7800	3600	—
Матки подсосные	—	—	7000	14000	13000
ИТОГО	10700	11400	14800	17600	16500
$L_{B3}, \text{м}^3/\text{ч}$	2290	2440	3170	3770	3530
$L_{B3}, \text{м}^3/\text{с}$	0,636	0,678	0,881	1,05	0,982
$L_{B3} \times C_{B3} \times \gamma_{B3}$	0,827	0,882	1,15	1,36	1,27

4. Количество воздуха, необходимое для удаления влаги,

$$L_{B3} = \frac{d'_e}{d_2 \times \varphi_{вн} - d_1 \times \varphi_{нар}}$$

где: d_2 - содержание влаги в воздухе помещения в насыщенном состоянии, при $t = 8^\circ\text{C}$, $d_2 = 8,35 \text{ г/м}^3$;

$\varphi_{вн}$ - относительная влажность внутри помещения, равная 0,7;

d_1 - то же, что и d_2 , но для наружного воздуха; при температуре наружного воздуха:

$$t_{нар} = -20^\circ\text{C} \quad d_1 = 1,12 \text{ г/м}^3$$

$$t_{нар} = -15^{\circ}\text{C} \quad d_1 = 1,64 \text{ г/м}^3$$

$\varphi_{нар}$ – влажность наружного воздуха, определяется для климатической зоны по данным метеослужбы, примем $\varphi_{нар} = 0,85$.

Расчеты показывают, что изменение d_1 при колебаниях температуры мало влияет на $L_{вз}$. Примем для расчета $t_{нар} = -17,5^{\circ}\text{C}$, ошибка при колебаниях на 10°C не превысит 1,0%. Результаты расчета заносим в таблицу 3.

5. Количество тепла, затрачиваемое на вентиляцию:

$$Q_{B_3} = L_{B_3} \times c_{B_3} \times \gamma_{B_3} (t_{вн} - t_{нар})$$

где: $c_{вз}$ - теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг \times $^{\circ}\text{C}$);

$\gamma_{вз}$ - плотность воздуха 1,3 кг/м 3 .

Результаты расчетов количества тепла, затраченного на вентиляцию, сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Температурный диапазон	Количество тепла удаляемого вентиляцией, кВт				
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
от -10 до -15 $^{\circ}\text{C}$	16,5	18,1	23,6	27,8	26,0
от -15 до -20 $^{\circ}\text{C}$	21,1	22,5	20,3	34,7	32,4
от -20 до -25 $^{\circ}\text{C}$	25,2	26,9	35,0	41,5	38,7
от -25 до -30 $^{\circ}\text{C}$	29,3	31,3	40,8	48,3	45,0
Ниже -30 $^{\circ}\text{C}$	33,5	35,8	46,5	55,2	51,4

6. Потери тепла через окна:

$$Q_{ок} = \alpha_{ок} \times F_{ок} \times (t_{вн} - t_{нар})$$

где: $\alpha_{ок}$ - коэффициент теплоотдачи окон; для одинарных окон ($\alpha_{ок} = 3,95 \text{ Вт/(м}^2 \times ^{\circ}\text{C)}$);

$F_{ок}$ - площадь окон 38м 2 .

7. Потери тепла через двери:

$$Q_{дв} = \alpha_{дв} \times F_{дв} \times (t_{вн} - t_{нар})$$

где: $\alpha_{дв}$ - коэффициент теплоотдачи дверей; для двойных

дверей ($\alpha_{дв} = 2,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$);

$F_{дв}$ - площадь дверей $8,6 \text{ м}^2$.

8. Потери тепла через потолок:

$$Q_{пот} = \alpha_{пот} \times F_{пот} \times (t_{вн} - t_{нар})$$

где: $\alpha_{пот}$ - коэффициент теплоотдачи потолка; для утепленного потолка ($\alpha_{пот} = 0,233 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$);

$F_{пот}$ - площадь потолка 525 м^2 .

9. Из-за отсутствия данных о глубине промерзания грунта и способе утепления примем потери тепла через пол $Q_{пол} = 0,5 Q_{пот}$

10. Потери тепла через стены:

$$Q_{ст} = \alpha_{ст} \times F_{ст} \times (t_{вн} - t_{нар})$$

где: $\alpha_{ст}$ - коэффициент теплоотдачи стены; для кирпичных стен при толщине стены 38 см ($\alpha_{ст} = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$);

$F_{ст}$ - площадь стен 260 м^2 .

Таблица 5

Температурный диапазон	Количество тепла удаляемого вентиляцией, кВт					
	$Q_{ок}$	$Q_{дв}$	$Q_{пот}$	$Q_{пол}$	$Q_{ст}$	$Q_{орг}$
от -10 до -15°C	3,08	0,45	2,5	1,25	8,55	15,8
от -15 до -20°C	3,83	0,56	3,11	1,55	10,6	19,6
от -20 до -25°C	4,58	0,672	3,73	1,86	12,7	23,5
от -25 до -30°C	5,33	0,785	4,34	2,17	14,7	27,3
Ниже -30°C	6,08	0,835	4,94	2,47	16,8	31,2

Примечание. Фактические потери через двери будут значительно больше, так как двери часто открываются. Рекомендуются при их открывании автоматически включать тепловую завесу.

11. Суммарные потери через ограждение:

$$Q_{огр} = Q_{ок} + Q_{дв} + Q_{пот} + Q_{пол} + Q_{ст}$$

Расчеты ведутся по форме таблицы 5.

12. Мощность для обогрева помещений:

$$P = Q_{огр} + Q_v - Q_{ж}$$

Подсчет ряда вариантов показывает, что наибольшая мощность необходима в феврале при морозах, ниже -30°C :

$$P_{max} = 31,2 + 55,2 - 45,9 = 40,5 \text{ кВт}$$

Температурный диапазон	Количество дней с данной температурой					Примечание
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	
от -10 до -15°C	7	11	4	3	8	Данные в среднем за 5 лет
от -15 до -20°C	4	4	4	10	3	
от -20 до -25°C	6	9	8	7	—	
от -25 до -30°C	1	—	7	6	—	
Ниже -30°C	—	—	1	2	—	

13. Будем считать, что мощность можно автоматически регулировать от 0 до P_{max} . Подсчитаем расход электроэнергии за сезон с ноября по март, пользуясь таблицей 6. Для расчетов необходимо в областной или районной метеослужбе получить данные об изменении температуры в виде таблиц.

Таблица 6

Расход электроэнергии в течение месяца:

$$A = 24 \times \sum P_i N_i$$

где: P_i - мощность, необходимая для нагрева помещения при наружной температуре $t_{нар}$.

N_i - число дней со средней температурой $t_{нар}$ выбираемое из таблицы.

Расход электроэнергии в ноябре:

$$A = 24 \times [(29,3 + 27,3 - 29) \times 1 + (25,2 + 23,5 - 29) \times 6 + (21,1 + 19,6 - 29) \times 4 + (16,7 + 15,8 - 29) \times 7] = 5210 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

Расход электроэнергии в декабре:

$$A = 24 \times [(26,6 + 23,5 - 30,2) \times 9 + (22,5 + 19,6 - 30,2) \times 4 +$$

$$+ (18,1 + 15,8 - 30,2) \times 11] = 6480 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

Расход электроэнергии в январе:

$$A = 24 \times [(46,5 + 31,2 - 38,6) \times 1 + (40,8 + 27,3 - 38,6) \times 7 + (35 + 23,5 - 38,6) \times 8 + (29,3 + 19,6 - 38,6) \times 4 + (23,6 + 15,8 - 38,6) \times 4] = 10750 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

Расход электроэнергии в феврале:

$$A = 24 \times [(55,2 + 31,2 - 45,9) \times 2 + (48,3 + 27,3 - 45,9) \times 6 + (41,5 + 23,5 - 45,9) \times 7 + (34,7 + 19,6 - 45,9) \times 10] = 11470 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

Расход электроэнергии в марте

$$A = 24 \times [(32,4 + 19,6 - 43,7) \times 3] = 600 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

Суммарный расход электроэнергии

$$A_{\Sigma} = 5210 + 6480 + 10750 + 11470 + 60 = 34500 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

14. Стоимость электроэнергии

$$C_{\Sigma} = S_e \times A_{\Sigma} = 2,34 \times 34500 = 80730 \text{ руб.}$$

2 Расчет элементных нагревателей

2.1 Задачи

1. Рассчитать и выбрать ТЭНы для элементного нагревания воды; вода рассчитана на производственные нужды промывки доильных аппаратов. Емкость бака 300л. Время нагрева воды 3,5 ч. Принять в сведения, что электрическая нагрузка должна быть равномерно распределена по фазам. Произвести тестирование возможности размещения данных водонагревателей в объеме бака. Напряжение сети 380/220В.

2. Какие изменения необходимо внести в конструкцию установки, собранной по параметрам предыдущей задачи, если вместо воды необходимо нагревать молоко?

3. Рассчитать допустимую удельную поверхностную мощность для тепловой печи с позиционным регулированием температуры. Нагреватель - проволочная спираль. Нагреваемое изделие - окисленная сталь, максимально допустимая температура нагреваемого изделия 850°C, номинальная температура нагревателя 1200°C. Учитывать, что разность между температурой печи и конечной температурой садки отсутствует.

4. Найти максимально допустимую удельную поверхностную

мощность нагревательного элемента печи с непрерывным регулированием температуры. Нагревательный элемент - ленточный зигзаг, нагреваемое изделие - чугун. Начальная температура нагреваемого изделия 720°C , номинальная температура нагревателей 1200°C .

5. Номинальная мощность печи $P=50\text{кВт}$. Рассчитать поперечное сечение и длину нагревательного элемента, если установлено, что соотношение сторон сечения элемента равно 15 и нагреватели соединены по схеме звезда. Напряжение сети 380/220В.

6. Найти срок работы нагревателя, состоящего из проволоки марки Х23Н18 (допустимая температура нагревания 950°C) диаметр проволоки $d=3,5\text{мм}$.

7. Найти предельный срок работы ленточного нагревателя из сплава марки ХН60Ю с поперечным сечением $3\times 15\text{ мм}^2$.

8. Рассчитать минимально допустимый диаметр проволоки из сплава марки ХН70, если нужно обеспечить срок работы нагревательного элемента не менее 5500ч при рабочей температуре 1200°C .

9. Найти размеры нагревательного элемента, выполненного из сплава марки Х15Н60, если нагревательный элемент-труба. Номинальная мощность печи $P=32\text{кВт}$, напряжение сети 380/220В.

10. Для электрокалорифера мощностью 32кВт, включенного по схеме звезда, определить длину и диаметр константанового провода по таблицам удельной мощности на единицу длины нагревательного элемента. Напряжение сети 380/220В.

11. Номинальная мощность закалочной печи составляет 10кВт. Найти диаметр стальной проволоки и ее длину, если дано, что нагревательные элементы включаются по схеме треугольник. Напряжение сети 380/220В.

12. Электрические нагреватели, рассчитанные на номинальное напряжение 220В, установить в печи не получилось. Был использован трансформатор со вторичным напряжением 37,5 В. Как изменились геометрические параметры провода, если мощность нагревания не изменилась?

13. Определить электрическую плиту с номинальной мощностью 900Вт, рассчитанную на напряжение $U=127\text{В}$. Коэффициент монтажа $k_m=0,7$, коэффициент среды $k_c=1,2$,

температурный коэффициент сопротивления - $0,0002^{\circ}\text{C}$, удельное сопротивление материала $\rho=1,5\text{Ом}\times\text{мм}^2/\text{м}$ (использовать графики, представленные на рисунке 7).

14.Выбрать и рассчитать ТЭНы для нагревания воды с емкостью бака 600л. Время нагрева 1,5 ч. Вода предназначена для питья телятам, $U=220\text{В}$.

15.Определить параметры печи для нагревания машинных деталей при температуре 800°C . Внутренние габаритные размеры печи $1200\times1200\times8900\text{мм}$. $U=380/220\text{В}$.

16.Рассчитать необходимую массу и количество провода марки ПОСХВ для нагрева почвы и воздуха (по отдельности) парника номинальной мощностью 35 кВт, если соотношение мощностей для нагрева почвы и воздуха соответственно 1,5 : 1.

17.Определить параметры электрокалорифера мощностью 45кВт, рассчитанный на работу в сети по схеме звезда. Материал нагревательного элемента Х23Н18. $U=380/220\text{В}$.

2.2 Примеры расчетов. Электрический расчет нагревательной печи.

Задание:

Рассчитать закалочную печь мощностью 15кВт. Размеры печи соответствуют эскизу, представленному на рисунке 1. Напряжение сети $U = 380/220\text{В}$.

Решение:

1. Приведенный коэффициент излучения изделия:

$$C_{np} = \frac{5,69}{\frac{1}{\xi_{изд}} + \frac{1}{\xi_n} - 1} = 3,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{ч} \times ^{\circ}\text{C}^4)$$

где: ξ_n - степень черноты материала нагревателя;

$\xi_{изд}$ - степень черноты материала изделия.

Для стали и нихрома степень черноты $\xi_{изд} = \xi_n = 0,8$

2. Удельная поверхностная мощность идеального нагревателя

$$W_{ид} = C_{np} \times \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{изд}}{100} \right)^4 \right] \times 10^{-4}$$

Температура изделия:

$$T_{изд} = t_{изд} + 273 = 870 + 273 = 1143 \text{ К}$$

Температуру нагревателя из нихрома примем $t_n = 1100^\circ\text{C}$.

Тогда:

$$T_n = t_n + 273 = 1100 + 273 = 1373 \text{ К}$$

$$W_{уд} = 3,8 \times (13,73^4 - 11,43^4) \times 10^{-4} = 7,13 \text{ Вт/см}^2$$

3. Коэффициент α_p учитывающий неполное использование мощности нагревательных элементов, находят по графику на рисунке 2. Согласно расчету тепловой изоляции печи, ее внутренняя поверхность $F_I = 1,26\text{м}^2$, из которой только $F_{см} = 0,8\text{м}^2$ занято нагревателями (не используются для размещения нагревателей двери и свод).

Поверхность изделий:

$$F_{изд} = \pi \times d \times l \times \left(\frac{n}{2} + 1\right) + n \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$F_{изд} = 3,14 \times 0,08 \times 0,35 \times \left(\frac{6}{2} + 1\right) + 6 \times \frac{3,14 \times 0,08^2}{4} = 0,382$$

при

$$\frac{F_{изд}}{F_{см}} = \frac{0,38}{0,8} \cong 0,5 \times \alpha_p = 0,6$$

4. Коэффициент эффективности системы излучателя (принимая нагреватели в виде проволочных спиралей) $\alpha_{эф} = 0,32$ (приложение 3).

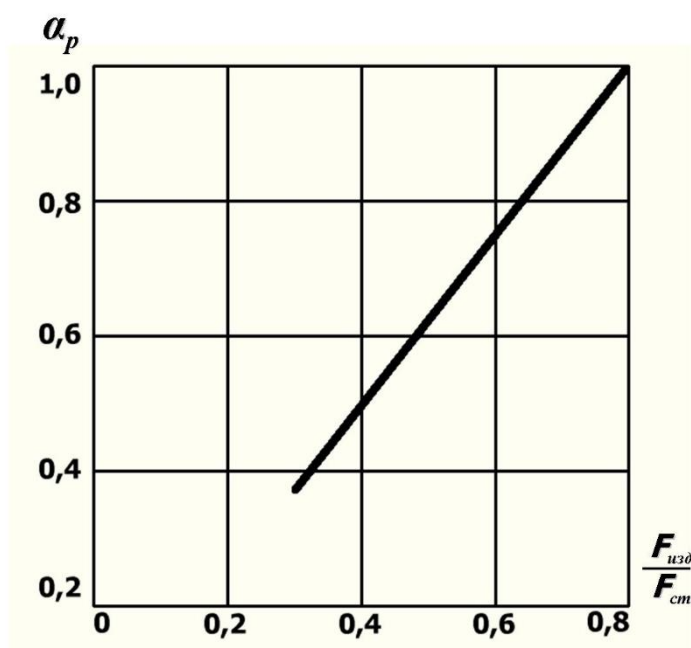


Рис. 2. Коэффициент α_p , учитывающий использование мощности нагревательных элементов.

5. Минимальное относительное витковое расстояние (отношение шага спирали h к диаметру проволоки d) для принятой системы нагревателей $(h/d)=3$. При этом коэффициент шага $\alpha_z = 1,4$ (рисунок 3).

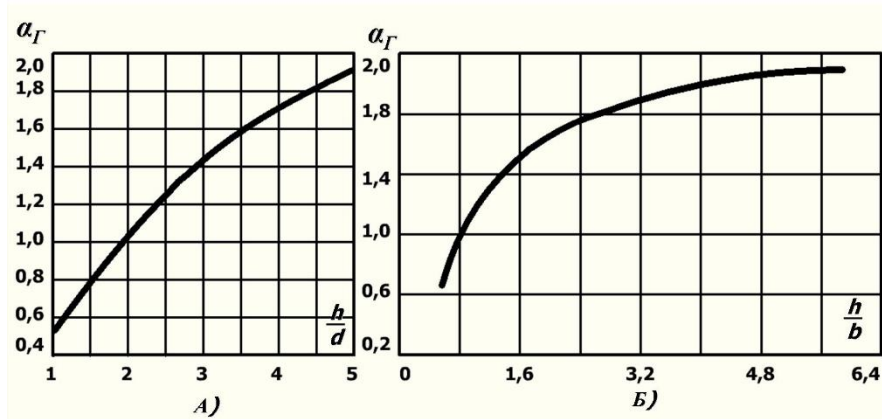


Рис. 3

Коэффициент шага: а) для спирали из круглой проволоки; б) для ленточных нагревателей

6. Реальная удельная поверхностная мощность:

$$W = W_{уд} \times \alpha_p \times \alpha_{эф} \times \alpha_\Gamma \times \alpha_c$$

$$W = 7,13 \times 0,6 \times 0,32 \times 1,4 \times 1 = 1,92 \text{ Вт} / \text{см}^2$$

где $\alpha_c = f(C_{np})$, определяемая по графику (рис. 4). Для нашего случая $\alpha_c=1$.

7. Мощность одной фазы:

$$P_\phi = \frac{P}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ кВт}$$

8. Диаметр проволоки:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 10^5 \times \rho \times P_\phi^2}{\pi^2 \times U^2 \times W}}$$

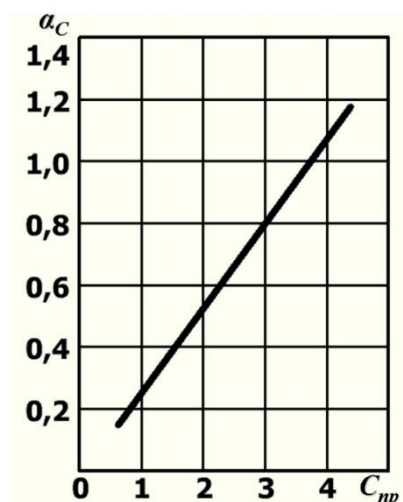


Рис. 4. Коэффициент α_c в зависимости от приведенного коэффициента излучения.

Примем пока $U = 380\text{В}$ (соединение треугольник) и удельное сопротивление $\rho = 1,15 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ (для нихрома).

Значения ρ приведены в приложении 4.

Тогда

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 10^5 \times 1,15 \times 5^2}{3,14^2 \times 380^2 \times 1,92}} = 1,6 \text{ мм}$$

9. Сопротивление фазы:

$$R_\phi = \frac{U}{10^3 \times P_\phi} = \frac{380^2}{10^3 \times 5} = 28,8 \text{ Ом}$$

10. Длина проволоки на фазу:

$$L_\phi = \frac{R_\phi \times S}{\rho} = \frac{R_\phi \times \pi \times d^2}{4 \times \rho} = \frac{28,8 \times 3,14 \times 1,6^2}{4 \times 1,15} = 50,4 \text{ м}$$

11. Диаметр спирали при $d < 3\text{мм}$:

$$D = 10d = 10 \times 1,6 = 16 \text{ мм}$$

12. Длина витка:

$$l_\omega = \pi \times D = 3,14 \times 16 = 50,3 \text{ мм}$$

13. Количество витков на фазу:

$$\omega = \frac{L_\phi}{l_\omega} = \frac{50,4}{50,3 \times 10^{-3}} = 1000 \text{ витков}$$

14. Шаг спирали:

$$h = 3d = 3 \times 1,6 = 4,8 \text{ мм}$$

15. Длина спирали на фазу:

$$l_{cn} = \omega \times h = 1000 \times 4,8 = 4,8 \times 10^3 \text{ мм} = 4,8 \text{ м}$$

На три фазы приходится $4,8 \times 3 = 14,4$ м спирали.

16. Такое количество нагревательных элементов разместить в печи затруднительно. Поэтому необходимо снизить напряжение до 220В (схема звезда) и все расчеты с пункта 8 по 15 сделать заново.

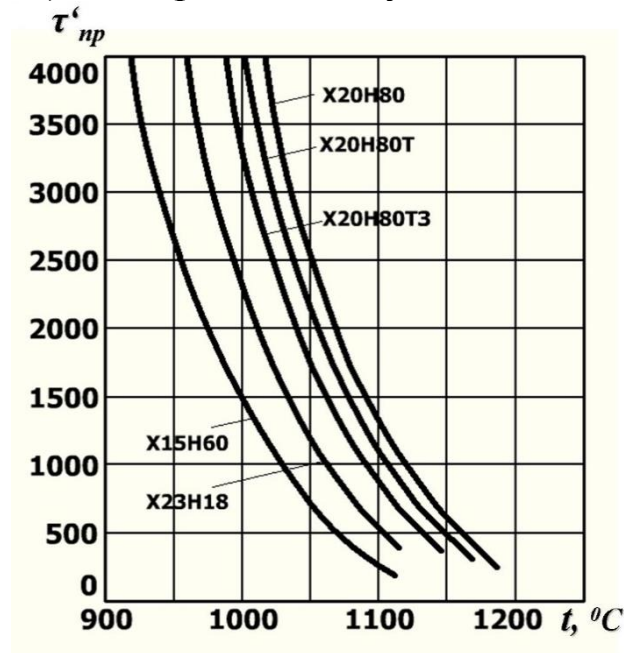


Рис. 5. Срок службы проволочного нагревателя τ диаметром 1 мм в зависимости от его температуры t

Тогда получим:

$$d = 2,5 \text{ мм}; R_{\phi} = 9,6 \text{ Ом}; L_{\phi} = 41,1 \text{ м}; D = 25 \text{ мм}; l_{\omega} = 78,5 \text{ мм}; \omega = 523 \text{ витка};$$

$$h = 7,5 \text{ мм}; l_{cn} = 3,92 \text{ м}.$$

А на три фазы 11,8 м, что позволяет разместить нагревательные элементы в полу на боковых и задней стенках (проверьте размещение самостоятельно).

17. Срок службы нагревателей:

$$\tau_{np} = d \times \tau'_{np} \times \kappa' = 2,5 \times 500 \times 1 = 1250 \text{ ч}$$

где: τ'_{np} - срок службы нагревателя диаметром $d=1$ мм (рис. 5), для сплава X23H18 при $t=1100^{\circ}\text{C}$, $\tau'_{np} = 500$ ч;

κ' - коэффициент, учитывающий форму сечения нагревателя (для круглой проволоки $\kappa' = 1$, для ленты $\kappa' = 1,75$)/

При семичасовом рабочем дне и односменной работе это составит ~180 рабочих дней. Для увеличения срока службы надо

взять сплав Х15Н60КЗ, для которого $\tau'_{np} = 2000$ и $\tau_{np} = 5000$ ч, что позволит работать нагревателям более 2 лет без замены.

2.3 Примеры расчетов. Расчет электрообогрева пола в коровниках.

Задание:

Выбрать способ нагрева, рассчитать нагревательные элементы и мощность, необходимую для нагрева пола при содержании животных без подстилки в 4-рядном коровнике длиной $L = 100$ м.

Решение:

1. Температуру воздуха в помещении и температуру пола выбираем по таблице приложения 5. Примем температуру пола $t_n = 15^\circ\text{C}$, температуру воздуха $t_e = 8^\circ\text{C}$.

2. Удельная поверхностная мощность нагреваемого пола:

$$\rho_0 = 15 \times (t_n - t_e) = 15 \times (15 - 8) = 105 \text{ Вт/м}^2$$

3. Ширину обогреваемой полосы примем $B = 1,5$ м.

4. Площадь нагреваемой поверхности:

$$F = n_L \times B \times L = 4 \times 1,5 \times 100 = 600 \text{ м}^2$$

где: n_L - число рядов;

L - длина ряда стойл.

5. Глубину закладки нагревательного элемента в пол примем $h_3 = 0,08$ м.

В качестве нагревательного провода будем использовать провод марки ПОСХВ (прил. 6) с диаметром жилы 1,1мм, удельным сопротивлением $\delta = 0,14 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ и температурным коэффициентом сопротивления $\alpha_m = 0,00455 \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Пол бетонный.

6. Температуру провода примем $t_{жс} = 45^\circ\text{C}$. Тогда перепад температур между проводом и поверхностью составит:

$$\Delta t = t_{жс} - t_n = 45 - 15 = 30^\circ\text{C}$$

По графику, представленному на рисунке 6, находим зону действия провода по ширине a в метрах.

При $\rho_0 = 105 \text{ Вт/м}^2$ и $\Delta t = 30^\circ\text{C}$, $a = 0,15$ м.

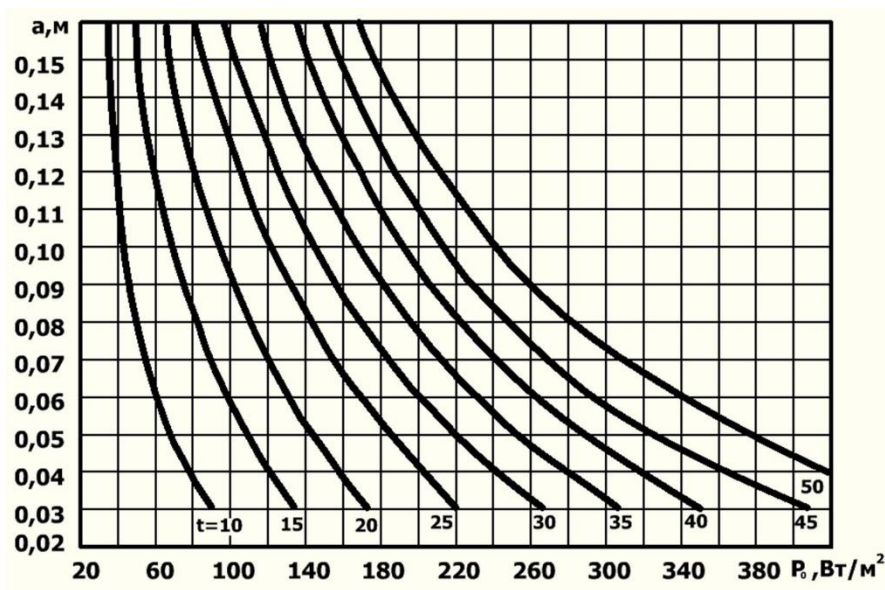


Рис. 6. Зона действия a нагревательного провода в функции удельной поверхностной мощности P_0 при различных значениях температурного перепада Δt .

7. Удельная мощность на единицу длины провода:

$$\rho = a \times \rho_0 = 0,15 \times 105 = 15,7 \text{ Вт/м}$$

8. Напряжение на 1м длины провода:

$$u = 0,00263 \times \sqrt{(200 + t_{\text{жс}}) \times \rho}$$

$$u = 0,00263 \times \sqrt{(200 + 45) \times 15,7} = 1,63 \text{ В}$$

9. Длина отрезка провода, включаемого под напряжение:

$$l = \frac{U}{u} = \frac{220}{1,63} = 135 \text{ м}$$

где: U — напряжение; примем $U = 220\text{В}$.

10. Число ниток провода:

$$m_0 = \frac{l}{B} = \frac{135}{1,5} = 90$$

11. Потребное число отрезков провода:

$$M = 4 \times \frac{L \times B}{a \times l} = 4 \times \frac{100 \times 1,5}{0,15 \times 135} = 30$$

Так как M кратно трем, то нагрузку можно распределить на три фазы.

12. Мощность нагрева:

$$P = M \times l \times \rho = 30 \times 135 \times 15,7 = 63600 = 63,6 \text{ кВт}$$

13. Фазный ток:

$$I_{\phi} = \frac{P}{3 \times U} = \frac{63600}{3 \times 220} = 97,8 \text{ А}$$

2.4 Примеры расчетов. Расчет электрокалорифера.

Задание:

Рассчитать калориферный нагреватель мощностью 27кВт. Температура воздуха в помещении 12°C, температура наружного воздуха - 20°C.

Решение:

1. Так как температура нагревательных элементов калорифера невелика, в качестве материала проволоки принимаем константан, рекомендуемая температура которого $t_{\partial} = 250^{\circ}\text{C}$ и удельное сопротивление $\rho = 0,48 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$.

2. Мощность на фазу

$$P_{\phi} = \frac{P}{3} = \frac{27}{3} = 9 \text{ кВт}$$

3. Напряжение принимаем 380В:

4. Для удобства регулирования спирали калорифера разделим не на 3, а на 6 секций. Тогда мощность каждой секции:

$$P_c = \frac{P_{\phi}}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ кВт}$$

5. Определяем расчетную температуру, по которой выбирается проволока:

$$t_{расч} = t_{\partial} \times k_m \times k_c = 250 \times 0,85 \times 1,4 = 300^{\circ}\text{C}$$

где: k_m - коэффициент монтажа (для спирали, навитой на керамику, $k_m = 0,85$);

k_c - коэффициент среды (для спирали, обдуваемой воздушным потоком, $k_c = 1,4$);

6. Определим величину:

$$d^2 \rho = 1,27 \times \rho \times \left(\frac{P_c}{U}\right)^2 = 1,27 \times 0,480 \times \left(\frac{4500}{380}\right)^2 = 85,8$$

где: d - диаметр проволоки;

ρ - удельная мощность на единицу длины.

7. Пользуясь таблицей удельной мощности на единицу длины нагревательного элемента, находим $d = 1,4\text{мм}$ и $p = 41\text{Вт/м}$.

8. Зная p , определяем длину проволоки на секцию:

$$l = \frac{P_c}{p} = \frac{4500}{41} = 110 \text{ м}$$

9. Принимаем скорость воздуха $v = 15\text{м/с}$ (обычно ее берут из расчета вентиляции).

10. Коэффициент конвекции:

$$\alpha = 91,8 \times \sqrt{\frac{v}{d}} = 91,8 \times \sqrt{\frac{15}{1,4}} = 300 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$$

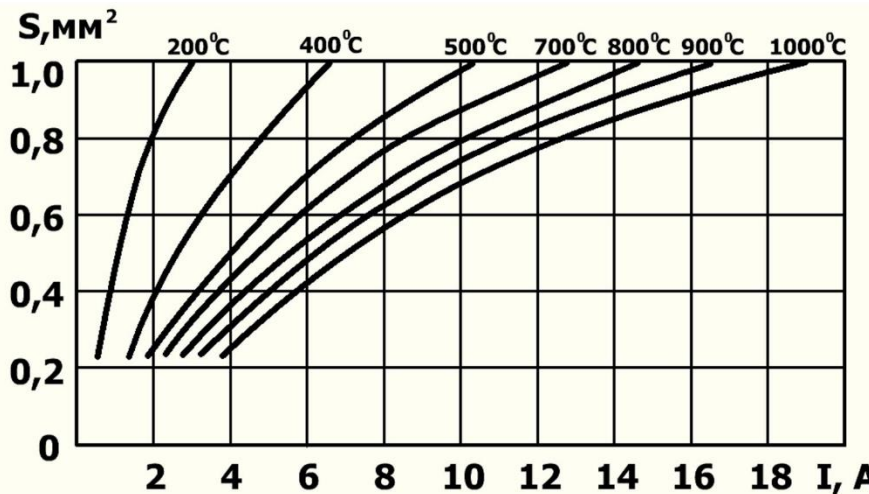


Рис. 7. Кривые зависимости сечения нихромовой проволоки от силы тока при различных температурах нагрева (проволока расположена горизонтально в спокойном воздухе).

11. Для того чтобы снять со спиралей необходимую мощность, требуется, чтобы длина проволоки секции была не менее

$$l_c = \frac{P_c}{\pi \times d \times \alpha \times \Delta t} = \frac{4500}{3,14 \times 1,4 \times 300 \times 304 \times 10^{-3}} = 111 \text{ м}$$

где: $\Delta t = t_{np} - \frac{t_{нар} + t_{вн}}{2}$ (t_{np} - температура проволоки).

Если бы оказалось, что $l < l_c$, то пришлось бы сделать пересчет, задаваясь иной температурой нагрева.

3 Индукционный и диэлектрический нагрев

3.1 Задачи

1. Рассчитать горячую глубину проникновения электрического тока частотой 5000 Гц в сталь СТ 30.

Определить наиболее эффективную частоту нагревания деталей под закалку, если:

а) внутренний диаметр детали 60мм, глубина закали 2,5мм;

б) внутренний диаметр детали 85мм, глубина закали 3,7мм;

в) внутренний радиус детали 100мм, глубина закали 1,2мм.

Рассчитать генератор стандартной частоты, если мощность нагревания равна $P = 50 \text{ кВт}$.

2. Зерна пшеницы с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$ подвергаются сушке между обкладками конденсатора при напряжении $U = 15 \text{ кВ}$, зазор между пластинами $h = 120 \text{ мм}$. Воздушный зазор - 15мм. Способна ли работать данная электротехнологическая установка без пробоев, если при появлении водяных паров предельная напряженность электрического поля в зазоре не должна превышать $0,7 \text{ кВ/см}$?

3. Трансформатор с первичной обмоткой, содержащей 12 витков и магнитной цепью, поперечное сечение сердечника которой 85 см^2 , работает на частоте $f = 3000 \text{ Гц}$. Напряжение на генераторе 380В. Возможно ли преобразовать трансформатор для работы на 800В согласно методике нагревания железа, если предельная магнитная индукция в железе при вышеописанной частоте $B_{\text{доп}} = 0,8 \text{ Тл}$?

4. В ламповом генераторе используется лампа марки ГУ10А. Анодный ток, измеренный электростатическим амперметром, равен 5А. Лампа работает в режиме отдачи во внешнее сопротивление номинальной мощности. Сможет ли лампа работать в таком режиме согласно требованиям безопасности?

5. Чему равен примерно КПД лампы ГУ14А, если анодный ток 8А, угол отсечки составляет 65° ? Генератор работает в режиме, при котором анодный ток лампы равен номинальному значению.

6. Для достижения оптимальной влажности семян возможно

использование высокочастотных установок двух различных конфигураций. Частота первой $f_1=30\text{МГц}$, второй $f_2=50\text{МГц}$. Напряженность электрического поля, которую можно достигнуть в первой установке составляет 550В/см , во второй 320В/см . Какая из установок сможет высушить зерно за меньшее время?

3.2 Примеры расчетов. Расчет индукционного водонагревателя на промышленной частоте.

Задание:

Рассчитать водонагреватель, если его полезная мощность $P=12\text{кВт}$, а объем бака $V_6 = 100\text{л}$.

Решение:

1. Диаметр бака:

$$D_6 = \sqrt[3]{\frac{V_6}{1,1}} = \sqrt[3]{\frac{100}{1,1}} 4,5 \text{ дм} = 45 \text{ см}$$

2. Высота бака:

$$H = 1,5 \times D_6 = 1,5 \times 45 = 67,5 \text{ см}$$

Принимаем $H = 70\text{см}$.

3. Боковая поверхность бака:

$$S = \pi \times D_6 \times H = 3,14 \times 45 \times 70 = 9900 \text{ см}^2$$

4. Удельная мощность:

$$p_0 = \frac{P}{S} = \frac{12000}{9900} = 1,21 \text{ Вт/см}^2$$

5. По кривой, изображенной на рисунке 8, определяем удельные ампер-витки, необходимые для создания удельной мощности $p_0=1,21\text{Вт/см}^2$; $I_\omega = 120 \text{ А} \times \text{в/см}$.

6. Полные ампер-витки:

$$I_\omega \times H = 120 \times 70 = 8400 \text{ А} \times \text{в}$$

7. Ток индуктора:

$$I = \frac{P}{U \times \cos \varphi \times \eta} \approx \frac{2 \times P}{U} = \frac{2 \times 12000}{220} = 109 \text{ А}$$

8. Необходимое число витков:

$$\omega = \frac{I_\omega H}{I} = \frac{8400}{109} = 77 \text{ витков}$$

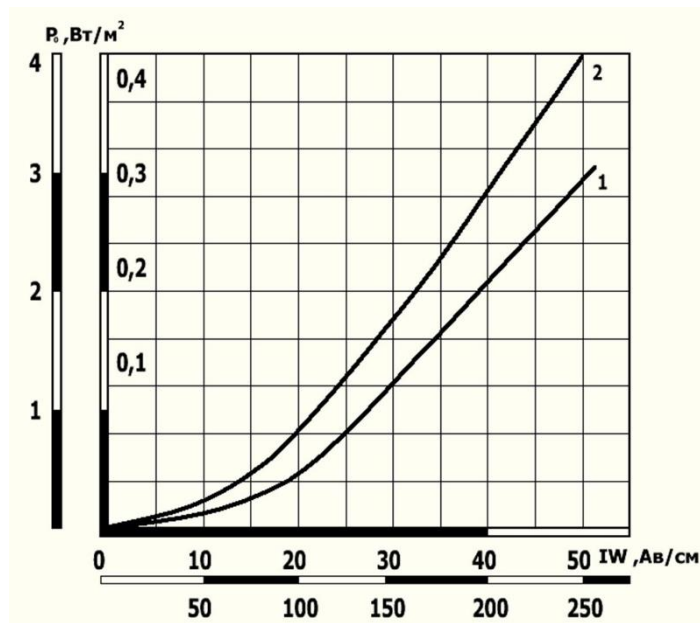


Рис. 8. Зависимость удельной мощности, индуцируемой на поверхности стального бака, от ампер-витков индуктора

9. Выбираем сечение провода по допустимому току [2 - 1] – 25мм² для провода с медными жилами или 35мм² – с алюминиевыми.

3.2 Примеры расчетов. Расчет индуктора для нагрева кузнечных заготовок.

Задание:

Рассчитать индуктор для нагрева заготовок диаметром $D_2 = 5$ см. Длина заготовки $a_2 = 20$ см; частота тока $f = 8000$ Гц; продолжительность нагрева 75 с; удельная мощность $p_0 = 0,1$ кВт/см²; напряжение на индукторе $U = 750$ В.

Решение:

1. Горячая глубина проникновения:

$$\Delta k = \frac{50}{\sqrt{f}} = \frac{50}{\sqrt{8000}} = \frac{50}{89,6} = 0,558 \text{ см}$$

2. Показатель формы слоя:

$$Z_2 = \frac{D_2}{\sqrt{2} \times \Delta k} = \frac{5}{1,41 \times 0,558} = 6,35$$

3. Диаметр индуктора:

$$D_1 = 1,7 \times D_2 = 1,7 \times 5 = 8,5 \text{ см}$$

4. Длина индуктора:

$$a_1 = a_2 + D_1 = 20 \times 8,5 = 28,5 \text{ см}$$

5. Коэффициент приведения параметров:

$$\alpha_n = \frac{k_m^2}{k_2^2 + A_2^2}$$

где: k^2 и k_c берут из приложений 7 и 8;

$A=f(Z_2)$ по рисунку 9.

$$k_m = f\left(\frac{D_1}{a_1}; \frac{a_1}{a_2}\right); k_2 = f\left(\frac{D_2}{a_2}\right)$$

$$\frac{D_1}{a_1} = \frac{8,5}{28,5} = 0,298; \frac{a_1}{a_2} = \frac{28,5}{20} = 1,425$$

$$k_m = 0,644$$

$$\frac{D_2}{a_2} = \frac{5}{20} = 0,25; k_2 = 0,9016; A_2 = 0,2$$

$$\alpha_n = \frac{0,644^2}{0,9016^2 + 0,2^2} = 0,488$$

6. Приведенное активное сопротивление заготовки:

$$r'_2 = \alpha_n \times r_2 = \alpha_n \times \pi \times \rho_2 \times \frac{Z_2^2 \times A_2}{a_2}$$

$$r'_2 = 0,488 \times 3,14 \times 10^{-4} \times \frac{6,35^2 \times 0,2}{20} = 6,17 \times 10^{-5} \text{ Ом}$$

где: ρ_2 - удельное сопротивление в нагретом состоянии.

7. Приведенное реактивное сопротивление заготовки:

$$x_2 = 2 \times \pi \times f \times \frac{\pi^2 \times D_1^2}{a_2} \times 10^{-9}$$

$$x_2 = 2 \times 3,14 \times 8000 \times \frac{3,14^2 \times 5_1^2}{20} \times 10^{-9} = 6,2 \times 10^{-4} \text{ Ом}$$

$$x'_2 = 0,488 \times 0,9016 \times 6,2 \times 10^{-4} \times (1 - 0,23) = 2,1 \times 10^{-4} \text{ Ом}$$

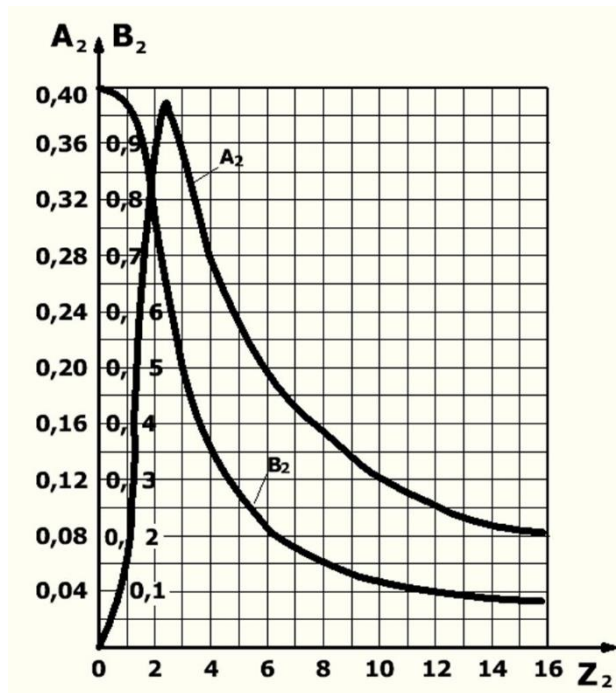


Рис. 9. Графики функций $A_2 = f(Z_2)$ и $B_2 = f(Z_2)$.

8. Глубина проникновения тока в медь:

$$\Delta_1 = \frac{7}{\sqrt{f}} = \frac{7}{\sqrt{8000}} = 0,0783 \text{ см}$$

9. Активное сопротивление индуктора:

$$r_1 = r_{1n} \times k_r$$

где: r_{1n} - сопротивление индуктора постоянному току;

$$r_{1n} = \rho_1 \times \frac{\pi \times D_1'}{a_1 \times \tau_1 \times g_3}$$

где: ρ_1 - удельное сопротивление меди, $2 \times 10^{-6} \text{ Ом} \times \text{см}$;

τ_1 - толщина стенки, принимаем $\tau_1 = 0,1 \text{ см}$;

g_3 - коэффициент заполнения, равный 0,85.

$$\frac{\tau_1}{\Delta_1} = \frac{0,1}{0,0783} = 1,28; D_1' = D_1 + \tau_1 = 8,5 + 0,1 = 8,6 \text{ см}$$

$$r_{1n} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 3,14 \times 8,6}{28,5 \times 0,1 \times 0,85} = 2,22 \times 10^{-5} \text{ Ом}$$

$k_r = f\left(\frac{\tau_1}{\Delta_1}\right)$ - коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления

под действием поверхностного эффекта; $k_r = 1,28$ (рис.10);

$$r_1 = r_{1n} \times k_r = 2,22 \times 10^{-5} \times 1,28 = 2,85 \times 10^{-5} \text{ Ом}$$

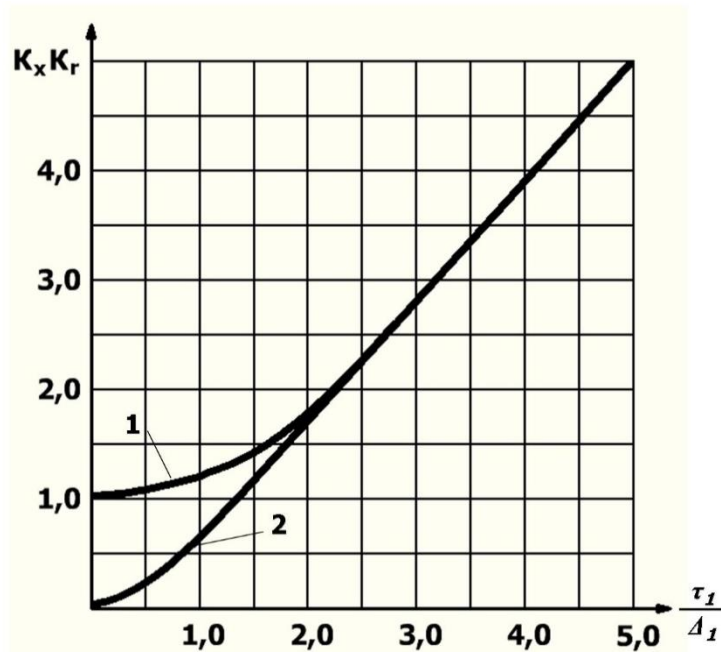


Рис. 10. Зависимость поправочных коэффициентов для вычисления активного k_r (1) и реактивного k_x (2) сопротивлений при переменном токе от относительной толщины проводника.

10. Реактивное сопротивление индуктора:

$$x_1 = 2 \times \pi \times f \times \frac{\pi^2 \times D_1^2}{a_1} \times k_1 \times 10^{-9}$$

$$k_1 = f\left(\frac{D_1}{a_1}\right); \frac{D_1}{a_1} = \frac{8,5}{28,5} = 0,298 \quad k_1 = 0,884 \text{ (приложение 4)}$$

$$x_1 = 2 \times 3,14 \times 8000 \times \frac{3,14^2 \times 8,5^2}{28,5} \times 0,884 \times 10^{-9} = 1,15 \times 10^{-3} \text{ Ом}$$

11. Эквивалентное реактивное сопротивление индуктора (приведенное):

$$x_3 = x_1 - x'_2 = 1,15 \times 10^{-3} - 0,21 \times 10^{-3} = 0,94 \times 10^{-3} \text{ Ом}$$

12. Эквивалентное активное сопротивление индуктора (приведенное):

$$r_3 = r_1 + r'_2 = 2,85 \times 10^{-5} + 6,17 \times 10^{-5} = 9,02 \times 10^{-5} \text{ Ом}$$

13. Полное эквивалентное электрическое сопротивление индуктора (приведенное):

$$z_3 = \sqrt{x_3^2 + r_3^2}$$

$$z_{\text{э}} = \sqrt{(0,94 \times 10^{-3})^2 + (9,02 \times 10^{-5})^2} = 0,943 \times 10^{-3} \text{ Ом}$$

14. К.П.Д. индуктора (электрический):

$$\eta = \frac{r'_2}{r_{\text{э}}} = \frac{6,17 \times 10^{-5}}{9,02 \times 10^{-5}} = 0,685$$

15. Коэффициент мощности индуктора:

$$\cos \varphi = \frac{r_2}{z_{\text{э}}} = \frac{9,02 \times 10^{-5}}{9,43 \times 10^{-4}} = 0,0957$$

16. Полезная мощность:

$$P_m = p_0 \times \pi \times D_2 \times a_2 = 0,1 \times 3,14 \times 5 \times 20 = 31,4 \text{ кВт}$$

17. Тепловые потери через изолирующий цилиндр:

$$\Delta P_m = \frac{0,0374 \times a_1}{\lg \frac{D_1}{D_2}} = \frac{0,0374 \times 28,5}{\lg \frac{8,5}{5}} = 4,6 \text{ кВт}$$

18. Полная мощность в заготовке:

$$P_2 = P_m + \Delta P_m = 0,1 \times 31,4 + 4,6 = 36 \text{ кВт}$$

19. Ток в индукторе (приведенный):

$$I'_u = \sqrt{\frac{P_2 \times 10^3}{r'_2}} = \sqrt{\frac{36 \times 10^3}{6,17 \times 10^{-5}}} = 24200 \text{ А}$$

20. Напряжение на индукторе (приведенное):

$$U'_u = I'_u \times z_{\text{э}} = 24200 \times 0,943 \times 10^{-3} = 22,8 \text{ В}$$

21. Полная мощность, подведенная к индуктору:

$$P_u = \frac{P_2}{\eta_u} = \frac{36}{0,685} = 52,6 \text{ кВт}$$

22. Число витков индуктора:

$$\omega = \frac{U_u}{U'_u} = \frac{750}{22,8} = 33 \text{ витка}$$

23. Ток индуктора:

$$I_u = \frac{I'_u}{\omega} = \frac{24200}{33} = 732 \text{ А}$$

24. Активное сопротивление индуктора:

$$r_u = \omega^2 \times r_{\text{э}} = 33^2 \times 9,02 \times 10^{-5} = 0,983 \times 10^{-1} \text{ Ом}$$

25. Реактивное сопротивление индуктора:

$$x_u = \omega^2 \times x_{\text{э}} = 33^2 \times 0,94 \times 10^{-3} = 1,025 \text{ Ом}$$

26. Полное сопротивление индуктора

$$z_u = \omega^2 \times z_{\text{э}} = 33^2 \times 0,943 \times 10^{-3} = 1,03 \text{ Ом}$$

27. Количество охлаждающей воды:

$$Q = \frac{0,24 \times \Delta P}{T_2 - T_1} = \frac{0,24 \times 28,6}{30} = 0,23 \text{ л/с}$$

где: T_2 - температура воды на выходе, $T_2 = 50^\circ\text{C}$;

T_1 - температура воды на входе, $T_1 = 20^\circ\text{C}$;

ΔP - мощность, идущая на нагрев воды:

$$\Delta P = \Delta P_m + P_u \times \left(\frac{1}{\eta_u} - 1 \right)$$

$$\Delta P = 4,6 + 52,6 \times \left(\frac{1}{0,685} - 1 \right) = 28,6 \text{ кВт}$$

3.3 Примеры расчетов. Приближенный расчет индуктора для закалки деталей.

Задание:

Рассчитать индуктор для закалки деталей диаметром $D_2=4\text{см}$ с шириной закаленного слоя $a_2 = 8\text{см}$. Глубина закалки $x_k = 0,2\text{см}$; частота тока источника $f = 440\text{кГц}$; напряжение на индукторе $U_u = 800\text{В}$.

Решение:

1. Продолжительность нагрева определяем по графику, приведенному на рисунке 11, при $x_k = 0,2 \text{ см}$ и $D = 4 \text{ см}$, $\tau = 11 \text{ с}$.

2. Удельную мощность определяем по графику, показанному на рисунке 12. При тех же параметрах $p_0 = 0,4 \text{ кВт/см}^2$.

3. Мощность, подводимая к индуктору:

$$P_u = \frac{p_0 \times \pi \times D_2 \times a_2}{\eta_u}$$

$$P_u = \frac{0,4 \times 3,14 \times 4 \times 8}{0,75} = 53,4 \text{ кВт}$$

где: η_u - К.П.Д. индуктора, равный 0,75.

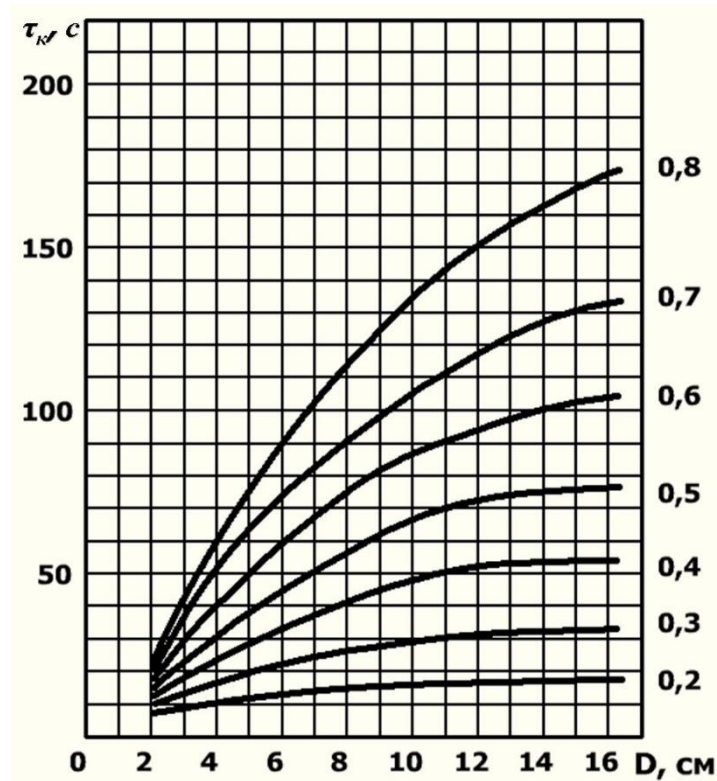


Рис. 11. График зависимости продолжительности нагрева от диаметра детали и глубины закалки (цифры на кривых указывают глубину слоя, см)

4. Диаметр индуктора:

$$D_1 = D_2 + 2h_3 = 4 + 2 \times 0,5 = 5 \text{ см}$$

где: h_3 - зазор между индуктором и деталью, $h_3 = 0,5$ см.

5. Напряжение на индукторе при мощности $P=100$ кВт, частоте $f=250$ кГц и зазоре $h_3 = 0,3$ см принимаем:

$$U_{0,3} = 85 \text{ В}$$

6. Ток на индукторе при тех же параметрах принимаем:

$$I'_{0,3} = 8200 \text{ А}$$

7. Напряжение на индукторе фактическое (при одном витке):

$$U_u = U_{0,3} \times \left(\frac{D_u}{D_{0,3}}\right)^2 \times 8,95 \times 10^{-6} \times \sqrt{P_u \times \sqrt{f^3}}$$

$$U_u = 85 \times \left(\frac{5}{4,6}\right)^2 \times 8,95 \times 10^{-6} \times$$

$$\times \sqrt{53,4 \times \sqrt{(4,4 \times 10^5)^3}} = 113 \text{ В}$$

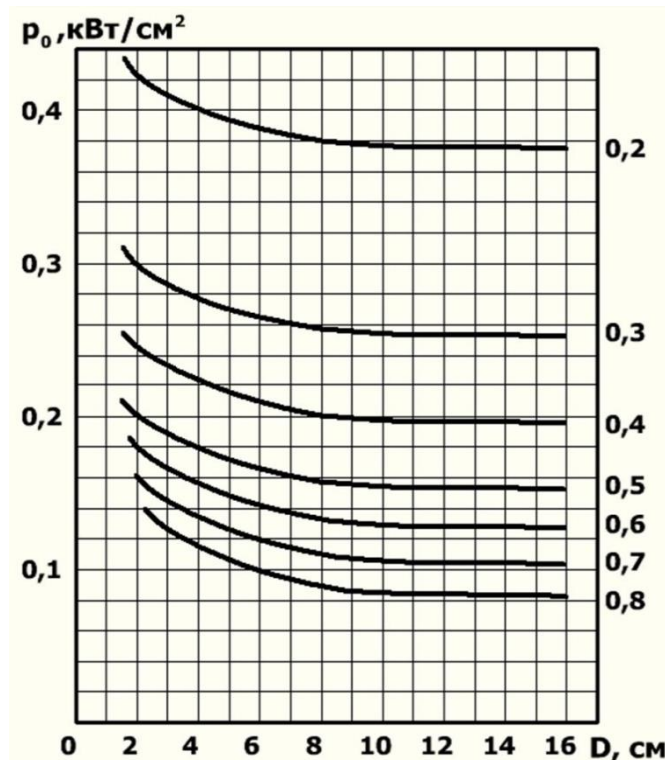


Рис. 12. График зависимости удельной мощности от диаметра детали и глубины заделки (цифры на кривых указывают глубину слоя, см)

8. Ток индуктора фактический:

$$I_u = 2,24 \times I'_u \times \sqrt{\frac{P_u}{\sqrt{f}}} = 2,24 \times 8200 \times \sqrt{\frac{53,4}{\sqrt{4,4 \times 10^5}}} = 5220 \text{ А}$$

9. Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{P_u}{U_u \times I_u} = \frac{53,4 \times 10^3}{113 \times 5220} = 0,092$$

10. Число витков индуктора:

$$\omega = \frac{U}{U_u} = \frac{800}{113} \approx 7 \text{ витков}$$

3.4 Примеры расчетов. Технический расчет лампового генератора высокой частоты.

Задание:

Рассчитать генератор с номинальной мощностью $P = 30$ кВт.

Решение:

1. По таблице технических характеристик ламп выбираем

лампу Г431.

2. Максимальный импульс анодного тока:

$$i_{a.\max} = 0,85 \times I_s = 0,85 \times 12 = 10,2 \text{ А}$$

где: I_s - ток эмиссии, равный 12А.

3. Угол отсечки для генератора с самовозбуждением принимаем $\theta = 70^\circ$.

4. Коэффициент использования анодного напряжения:

$$\xi_{cp} = 1 - \frac{i_{a.\max}}{E_a \times S_{cp}} = 1 - \frac{10,2}{15 \times 9} = 0,925$$

где: E_a - анодное напряжение 15 кВ;

S_{cp} – крутизна линий пограничного режима (приложение 9),
 $S_{cp} = 9 \text{ мА/В}$.

5. Амплитуда переменного напряжения на аноде:

$$U_a = \xi_{cp} \times E_a = 0,925 \times 15 = 13,9 \text{ кВм}$$

6. Коэффициенты разложения кривой анодного тока определяют по графикам на рисунке 13:
при $\theta = 70^\circ$ $\alpha_0 = 0,28$ и $\alpha_1 = 0,44$.

7. Амплитуда первой гармоники анодного тока:

$$I_{a1} = \alpha_1 \times i_{a.\max} = 0,44 \times 10,2 = 4,5 \text{ А}$$

8. Постоянная составляющая анодного тока:

$$I_a = \alpha_0 \times i_{a.\max} = 0,28 \times 10,2 = 2,85 \text{ А}$$

9. Колебательная мощность:

$$P_- = \frac{U_a \times I_{a1}}{2} = \frac{13,9 \times 4,5}{2} = 31,2 \text{ кВм}$$

10. Подводимая мощность:

$$P_- = I_a \times E_a = 2,85 \times 15 = 42,8 \text{ кВм}$$

11. Мощность, рассеиваемая на аноде:

$$P_a = P_- - P_- = 42,8 - 31,2 = 11,6 \text{ кВм}$$

Она должна быть меньше $P_{a.\text{дон}} = 20 \text{ кВт}$.

12. К.П.Д. генератора (идеальный):

$$\eta = \frac{P_-}{P_-} = \frac{31,2}{42,8} = 0,73$$

13. Эквивалентное сопротивление анодного контура:

$$R_{o.e} = \frac{U_a}{I_{a1}} = \frac{13900}{4,5} = 3100 \text{ Ом}$$

14. Амплитуда сеточного напряжения:

$$U_g = D_{\lambda} \times U_a + \frac{i_{a.\max}}{S_{\lambda} \times (1 - \cos \theta)}$$

$$U_g = 0,02 \times 13900 + \frac{10,2 \times 10^3}{12 \times (1 - 0,343)} = 1570 \text{ В}$$

где: $D_{\lambda} = 0,02$ - проницаемость лампы;

$S_{\lambda} = 12 \text{ мА/В}$ - крутизна статической характеристики.

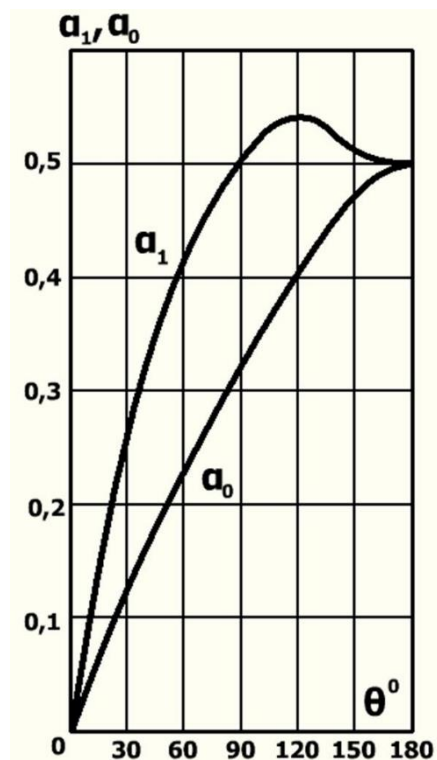


Рис. 13. Коэффициенты разложения кривой анодного тока.

15. Напряжение смещения:

$$E_g = -D_{\lambda} \times (E_a - E_{a0}) - (U_g - D_{\lambda} \times U_a) \times \cos \theta$$

где: E_{a0} - напряжение приведения = 5кВ (приложение 9);

$$E_g = -0,02 \times 10000 - (1570 - 0,02 \times 13900) \times 0,343 = -643 \text{ В}$$

16. Постоянная составляющая сеточного тока:

$$I_{g=} \approx 0,1 \times I_{a=} = 0,1 \times 2,85 = 0,285 \text{ A}$$

17. Амплитуда первой гармоники сеточного тока:

$$I_{g1} \approx 2 \times I_{g=} = 2 \times 0,285 = 0,57 \text{ A}$$

18. Мощность, потребляемая цепью сетки:

$$P_{g-} = U_g \times I_{g=} = 1570 \times 0,285 = 447 \text{ кВт}$$

19. Мощность, потребляемая цепью накала:

$$P_f = U_f \times I_f = 22 \times 100 = 2,2 \text{ кВт}$$

где: $U_f = 22\text{В}$ - напряжение накала; $I_f = 100\text{А}$ - ток накала.

20. Фактический К.П.Д. генератора:

$$\eta = \frac{P_-}{P_- + P_g + P_f} = \frac{31,2}{42,8 + 0,45 + 2,2} = 0,687$$

21. Допустимый анодный ток в точке покоя:

$$I'_n = \frac{P_{a.\text{дон}}}{E_a} = \frac{20}{15} = 1,33 \text{ A}$$

22. Сеточное смещение в точке покоя:

$$E_n = \frac{I'_n}{S_{\text{л}}} = \frac{1,33 \times 10^3}{12} = 111 \text{ В}$$

23. Сопротивление катодного автоматического смещения:

$$R_{\kappa} = \frac{E_n}{I'_n} = \frac{111}{1,33} = 83,5 \text{ Ом}$$

24. Коэффициент обратной связи:

$$k_{\text{обр}} = \frac{U_g}{U_a} = \frac{1570}{13900} = 0,113$$

25. Напряжение на катодном сопротивлении автоматического смещения:

$$E_{g.k} = -I_a \times R_{\kappa} = -2,85 \times 83,5 = -238 \text{ В}$$

26. Смещение на сеточном сопротивлении:

$$E_{g.g} = E_g - E_{g.k} = -643 + 238 = -405 \text{ В}$$

27. Сопротивление автоматического сеточного смещения:

$$R_g = \frac{E_{g.g}}{I_g} = \frac{405}{0,285} = 1420 \text{ Ом}$$

3.5 Примеры расчетов. Расчёт параметров генератора ТВЧ и размеры камеры нагрева для высокочастотной сушилки семенного зерна

Задание:

Рассчитать параметры генератора ТВЧ и размеры камеры нагрева для высокочастотной сушилки семенного зерна производительностью 300 кг/ч. Начальная влажность зерна $\omega_1=18\%$, конечная - $\omega_2=3\%$, начальная температура зерна $t_1=20^\circ\text{C}$.

Решение:

1. Диэлектрическая проницаемость зерна в коротковолновом диапазоне частот при заданной влажности может быть принята равной $\varepsilon'=6,5$; $\text{tg}\delta=0,2$. Допустимая напряженность электрического поля $E = 0,1$ кВ/см.

2. Определяем количество влаги, испаряемой в единицу времени:

$$W = G_1 \times \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2}$$

$$W = 300 \times \frac{18 - 13}{100 - 13} = 17,2 \text{ кг/ч} = 0,004 \text{ кг/с}$$

3. При начальной температуре зерна 20°C удельная теплота испарения:

$$r = I_2 - I_1 = 2510 \text{ кДж/кг}$$

4. Полезная номинальная мощность генератора:

$$P_{\text{н}} = W \times r = 0,004 \times 2510 = 12 \text{ кВт}$$

5. Допустимая скорость сушки:

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} = \frac{\Delta \omega}{324 \times (\Delta W - 3) \times (100 - \omega_2)}$$

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} = \frac{18 - 13}{324 \times (5 - 3) \times (100 - 13)} = 0,89 \times 10^{-4} \text{ кг/с}$$

6. Минимальная частота поля конденсатора:

$$f_{\text{min}} = 1,8 \times 10^{-3} \times \frac{Dr}{\eta_k} \times \frac{\Delta W}{\Delta \tau} \times \frac{1}{K} \times \frac{1}{E^2}$$

где: D – плотность материала, равный 1000 кг/м^3 ; r – удельная теплота испарения, кДж/кг; $K = \varepsilon \times \text{tg} \delta$ – фактор потерь

$$f_{\min} = 1,8 \times 10^{-3} \times \frac{1000 \times 2510}{0,85} \times 0,89 \times 10^{-4} \times \\ \times \frac{1}{6,5 \times 0,2} \times \frac{1}{0,1^2} = 36,4 \text{ МГц}$$

7. Принимаем из диапазона разрешенных частот (приложение 13) ближайшую большую частоту $f = 40,68 \text{ МГц}$:

8. Удельная мощность, выделяемая в единице объема зерна:

$$\Delta P = 0,555 \times \varepsilon \times \operatorname{tg} \delta \times f \times E^2$$

$$\Delta P = 0,555 \times 6,5 \times 0,2 \times 40,68 \times 0,1^2 = 0,293 \text{ Вт/см}^3$$

9. Необходимый объем рабочей камеры:

$$V = \frac{P_n}{\Delta P} = \frac{12 \times 10^3}{0,293} = 4 \times 10^4 \text{ см}^3$$

10. Принимаем камеру нагрева двойной с центральным высоковольтным электродом.

11. Примем далее расстояние между обкладками конденсатора $d = 10 \text{ см}$, ширину электрода $b = 20 \text{ см}$, тогда высота электрода составит:

$$h = \frac{4 \times 10^4}{2 \times 20 \times 10} = 100 \text{ см}$$

12. При выбранном d необходимое напряжение на конденсаторе

$$U_k = 10 \times 0,1 = 1 \text{ кВ}$$

13. При выборе генератора напряжение U_k может оказаться иным, тогда размеры камеры следует привести в соответствие с U_k и допустимым значением E . Выбранный генератор по мощности должен соответствовать размерному ряду мощностей установок диэлектрического нагрева.

14. Определим удельный расход электроэнергии на испарение влаги. Потребная мощность генератора:

$$P_z = \frac{P_n}{\eta_k \times \eta_\varepsilon \times \eta_d \times \eta_z} = \frac{12}{0,85 \times 0,7 \times 0,9 \times 0,7} = 32 \text{ кВт}$$

15. Удельный расход эл. энергии на 1 кг испаренной влаги:

$$a = \frac{P_z}{W} = \frac{32}{17,2} = 1,85 \text{ кВт} \times \text{ч/кг}$$

4 Электронно-ионная технология

4.1 Задачи

1. Определить напряженность электрического поля внутри семян ржи и кукурузы, подвергнутых высокочастотной сушке при напряжении на электродах $U = 70\text{кВ}$ и межэлектродном расстоянии $h=10\text{см}$. Учитывать, что у семян одинаковая начальная влажность и примерно равная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 41$. Геометрические размеры семени ржи: длина 7мм, ширина 3,6мм; размеры семян кукурузы: длина 8,5мм, ширина 4,8мм.

2. Необходимо провести эксперимент по сепарации семян льна и пшеницы в электрическом поле коронного разряда, имеющих примерно одинаковую массу. Необходимо установить, какой заряд получают данные семена. Принять диэлектрическую проницаемость семян одинаковой и равной $\varepsilon = 26$ (размеры и плотность семян смотреть в приложении).

3. Используя данные, приведенные в приложении 10 выделить параметры семян овсяга и овса, определить возможна ли их сортировка и разделение зерновой массы в электрическом поле камерного сепаратора при следующих случаях ориентации семян:

- а) большая ось вдоль поля;
- б) малая осью вдоль поля;
- в) произвольное расположение.

4. Найти решение задачи 3, только рассчитать для барабанного сепаратора, предполагая, что семена с оптимальной влажностью и ориентированы большой осью вдоль поля.

5. При условиях предыдущей задачи рассчитать оптимальную напряженность электрического поля для разделения зерновой массы на барабане диаметром 300мм, если частота вращения барабана $n_6=60\text{об/мин}$.

6. Возможно ли с помощью электротехнологической установки удерживать на нижней части горизонтальной плоскости частицу массой 40 мг, длиной 6 мм и шириной 3,2мм, если экспериментально установлена диэлектрическая проницаемость частицы $\varepsilon = 25$? Магнитный показатель разрядки принять равным $\mu = 1$. Какую минимальную напряженность можно установить?

7. Для семян пшеницы и репья по параметрам, приведенным в

приложении 10 построить дифференциальные и интегральные кривые распределения семян по признаку сортировки на электротехнологической установке. Определить максимально возможную эффективность данной установки.

8. Семена риса и пшеницы сортируют на плоскостях из следующего материала:

а) из бельтинга;

б) из электростатической замши.

Коэффициент трения между зерном и поверхностью для бельтинга $\mu = 1,12$, для замши $\mu_{\text{тр2}} = 0,85$. Электрическая сила, действующая на семена для бельтинга $F_{\text{эл1}} = 6,8 \times 10^{-4}$ Н, для замши $F_{\text{эл2}} = 7,6 \times 10^{-4}$ Н. Масса семян риса 36 мг, пшеницы 15 мг. Какой материал выгодно использовать по меркам производительности установки?

9. Возможно ли разделение в установке коронного электрического разряда семена с одинаковым весом (масса примерно 32 мг), если их коэффициенты трения о поверхность составляют $\mu_{\text{тр1}} = 0,32$ и $\mu_{\text{тр2}} = 0,40$, а действующие на семена при номинальной напряженности силы $F_{\text{эл1}} = 12 \times 10^{-4}$ Н и $F_{\text{эл2}} = 2,3 \times 10^{-4}$ Н? Под каким углом необходимо установить полотна?

10. Среднеквадратичные отклонения коэффициентов трения при данных вышеописанной задачи составляют $\sigma_{f1} = 0,06$ и $\sigma_{f2} = 0,25$, а электрических кулоновских сил $\sigma_{F1} = 3 \times 10^{-5}$ Н и $\sigma_{F2} = 3 \times 10^{-5}$ Н. Найти максимальную эффективность разделения зерновой массы данной установкой.

11. Семена каких культур легче сориентировать в электрическом поле: пшеницы или риса? Средние геометрические размеры семян пшеницы $a = 5,8$ мм; $b = 1,8$ мм и риса $a = 12$ мм; $b = 2,4$ мм. Диэлектрическую проницаемость среды внутри семян принять одинаковой: $\epsilon = 21$.

12. Как изменится заряд проводящей частицы со следующими геометрическими параметрами: длиной $a = 16$ мм и шириной $b = 3,2$ мм во время ориентировки в электрическом поле, если сначала частица была ориентирована большей осью вдоль поля?

13. Найти заряд, приобретаемый пшеницей, помещаемой в камерный сепаратор, заряд эллипсоидной поверхности в электрическом поле коронного разряда. Рассчитать разность между

зарядами, полученными семенами пшеницы при его расположении вдоль и поперёк электрического поля. Найти кулоновскую силу электрического поля, действующую на зерно пшеницы в камере электротехнологической установки.

4.2 Примеры расчетов. Пример расчета магнитострикционного преобразователя.

Задание:

Рассчитать магнитострикционный преобразователь на мощность $P = 1,5 \text{ кВт}$ и рабочую частоту $f = 21 \text{ кГц}$.

Решение:

1. В качестве материала преобразователя берем никель, как обладающий наилучшими магнитострикционными свойствами.

2. По приложению 11 удельная допустимая мощность для никеля $p_0 = 80 \text{ Вт/см}^2$.

3. Площадь сечения стержней из никеля:

$$S_{cm} = \frac{P}{p_0} = \frac{1500}{80} = 18,7 \text{ см}^2$$

4. Ширина окна (приложение 12) принимается $c_0 = 15 \text{ мм}$.

5. Ширина пластин из никеля:

$$b = \frac{c_0}{2} + \sqrt{\frac{c_0^2}{4} + S_{cm}} = \frac{15}{2} + \sqrt{\frac{225}{4} + 1870} = 58,5 \text{ мм}$$

принимаем $b = 50 \text{ мм}$.

6. Толщина пакета принимается равной ширине:

$$\delta = b = 50 \text{ мм}$$

7. Ширина стержней:

$$a = \frac{b - c_0}{2} = \frac{50 - 15}{2} = 17,5 \text{ мм}$$

8. Ширина перемычки ярма:

$$d_n = (1 \div 1,2) \times a = 1,1 \times 17,5 = 19,25 \text{ мм}$$

принимаем $d_n = 20 \text{ мм}$.

9. Определение параметра θ' :

$$\theta' = \frac{3 \times b \times d_n}{2 \times a} = \frac{3 \times 50 \times 20}{2 \times 17,5} = 8,5$$

10. Высота окна:

$$h = \theta' \times \left[\sqrt{1 + \left(\frac{0,56 \times v_3}{f \times \theta'} \right)^2} \right] - 1$$

$$h = 8,5 \times \left[\sqrt{1 + \left(\frac{0,56 \times 4,86 \times 10^5}{8,5 \times 2100} \right)^2} \right] - 1 = 7 \text{ мм}$$

где v_3 - скорость звука в материале преобразователя (приложение 11).

11. Акустическая мощность:

$$P_{ак} = \frac{P_{возб}}{\eta_{эа}} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ кВт}$$

где: $\eta_{эа} = 0,5$ - электроакустический коэффициент:

$$\eta_{эа} = \eta_{эм} + \eta_{ам}$$

где: $\eta_{эм}$ - К.П.Д. преобразователя электрической энергии в механическую;

$\eta_{ам}$ - К.П.Д. преобразования механической энергии в акустическую.

12. Число витков обмотки возбуждения:

$$\omega_{возб} = \frac{U}{4,44 \times f \times B \times S}$$

$$\omega_{возб} = \frac{200}{4,44 \times 2,1 \times 10^4 \times 0,15 \times 17,5} = 6,3 \text{ витка}$$

где: $U = 200\text{В}$ - рабочее напряжение; $f = 21000\text{Гц}$ - частота питающего напряжения; $B = 0,15\text{Т}$ - индукция, при которой наступает насыщение материала.

13. Ток возбуждения:

$$I_{возб} = \frac{P_{возб}}{U \times \cos \varphi} = \frac{1500}{200 \times 0,95} = 7,9 \text{ А}$$

14. Величина тока подмагничивания:

$$I_n = \frac{A \omega}{1,4 \times \omega_{возб}}$$

где: $A \omega = 0,8 \times H_0 \times l$

l - длина средней линии магнитопровода;

H_0 - оптимальная напряженность поляризующего поля.

Длина средней линии магнитопровода:

$$l = 2 \times h \times \left[1 + \frac{d_n}{h} + \frac{1}{2} \times \frac{\delta + a}{h} \times \left(\frac{a}{d_n} + \frac{a}{d_n} \right) \right]$$

$$l = 2 \times 7 \times \left[1 + \frac{2}{7} + \frac{1}{2} \times 7 \times \left(\frac{1,7}{2} + \frac{1,7}{2} \right) \right] = 28 \text{ см}$$

Оптимальную напряженность поляризующего поля выбирают по графику $B = f(H)$. В месте перегиба кривой намагничивания до насыщения $H_0 = 12 \text{ А} \times \text{в/см}$. Тогда:

$$A\omega = 0,8 \times 15 \times 28 = 336 \text{ А} \times \text{в}$$

$$I_n = \frac{A\omega}{1,4 \times \omega_{\text{возб}}} = \frac{336}{1,4 \times 6} = 40 \text{ А}$$

15. Эффективное значение тока возбуждения:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_{\text{возб}}}{\sqrt{2}} = \frac{7,9}{1,41} = 5,6 \text{ А}$$

16. Полный ток (при совмещенной обмотке вибратора):

$$I_{\text{общ}} = \sqrt{I_n^2 + I_{\text{эф}}^2} = \sqrt{40^2 + 5,6^2} = 40,4 \text{ А}$$

17. Сечение провода обмотки вибратора:

$$S_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{общ}}}{j} = \frac{40,4}{2,5} = 16,2 \text{ мм}^2$$

где: $j = 2,5 \text{ А/мм}^2$ - допустимая плотность тока.

Примем провод сечением 16 мм^2 марки БПВЛ16.

18. Диаметр круглого провода (без изоляции):

$$d_{\text{пр}} = 2 \times \sqrt{\frac{S_{\text{пр}}}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{16}{3,14}} = 4,52 \text{ мм}$$

19. В качестве переходных концентраторов в трех полуволновых колебательных системах могут быть использованы ступенчатые (рис. 14) и экспоненциальные (рис. 15) концентраторы.

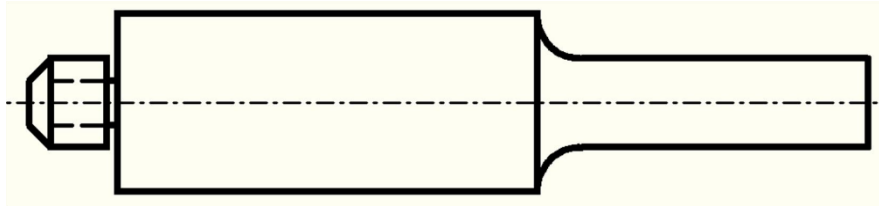


Рис. 14. Ступенчатый концентратор

Длина полуволнового ступенчатого концентратора определяется по формуле:

$$l_{np} = \frac{10^2}{2 \times f} \times \sqrt{\frac{E_{упр}}{\gamma_n}} = \frac{10^2}{2 \times 21000} \times \sqrt{\frac{2 \times 10^{11}}{8,9 \times 10^3}} = 11,6 \text{ см}$$

где $E_{упр}$ - модуль упругости, Н/м².

20. Диаметр торца верхней части концентратора должен быть не менее:

$$D_{\epsilon} \geq \sqrt{b^2 + \delta^2}$$

При $b = \delta$

$$D_{\epsilon} \geq \sqrt{2 \times b^2} = \sqrt{2 \times 5^2} = 7,1 \text{ см}$$

21. Диаметр нижнего торца переходного концентратора следует брать в пределах

$$D_n = (0,5 \div 0,75) \times D_{\epsilon} = 0,6 \times 7,1 = 4,25 \text{ см}$$

22. Фланец соединяется с концентратором на расстоянии от верхнего торца (рис. 14):

$$l_1 = \frac{l_p}{2} - (3 \div 5) = \frac{11,6}{2} - 0,3 = 5,5 \text{ см}$$

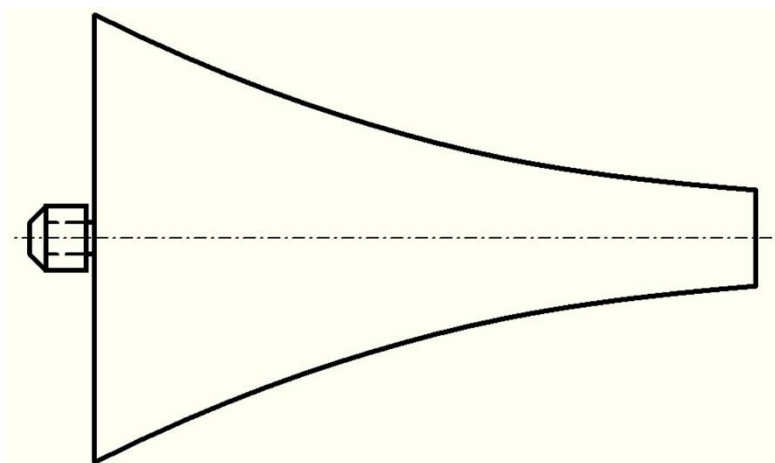


Рис. 15. Экспоненциальный концентратор

Ступенчатые концентраторы обладают существенным недостатком: в сопряжениях звеньев на месте царапин и подрезов в переходе могут возникать усталостные трещины. Поэтому в магнитострикционных вибраторах мощностью более 1,5кВт целесообразно использовать экспоненциальные переходные концентраторы.

Длина полуволнового экспоненциального конуса:

$$l_p = \frac{\xi \times 10^2}{f} \times \sqrt{\frac{E_{\text{уп}}}{\gamma_n}} = \frac{0,51 \times 10^2}{21000} \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^{11}}{8,9 \times 10^3}} = 11,8 \text{ см}$$

где: ξ - коэффициент формы, определяемый по графику, изображенному на рисунке 16, в зависимости от $\frac{D_e}{D_n} = \frac{7,1}{4,25} = 1,67$, отсюда $\xi = 0,51$.

Расчет сечения следует вести по номограмме (рис. 17).

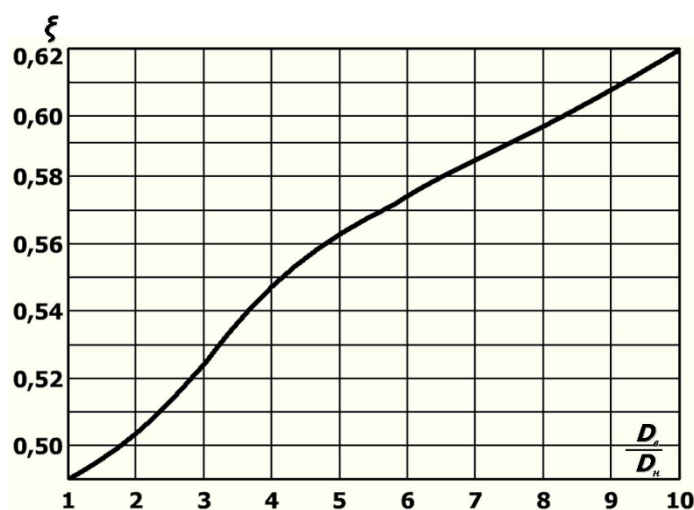


Рис. 16. График для определения коэффициента формы экспоненциального конуса.

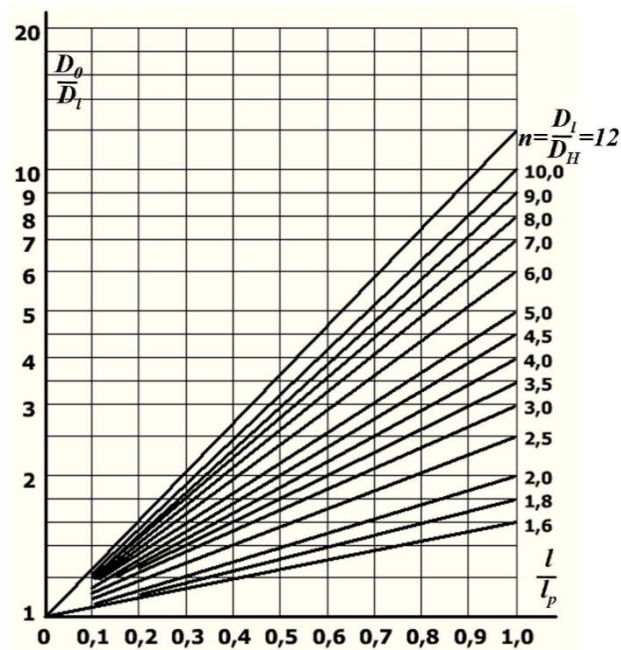


Рис. 17. Номограмма для расчета сечений экспоненциального конуса.

23. Место расположения фланца относительно верхнего торца концентратора определяется из выражения:

$$l_z = \gamma_e \times l_p = 0,45 \times 11,8 = 5,3 \text{ см}$$

где: γ_e – коэффициент, определяемый по графику на рисунке 18.

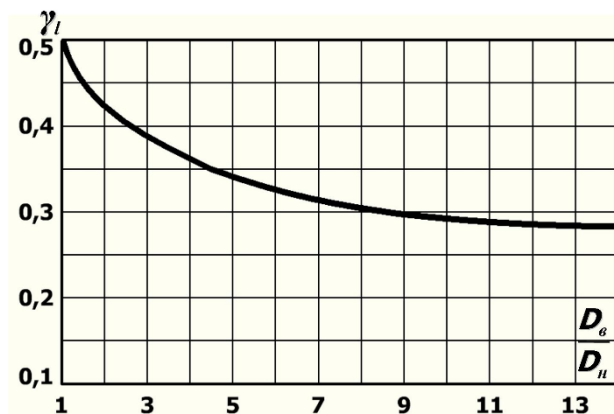


Рис. 18. График для определения расположения фланца

24. В качестве материала следует применять конструкционные углеродистые стали 40Х, 50 и др.

4.2 Примеры расчетов. Определение величины заряда, приобретаемого зерном пшеницы, помещаемой в камерный сепаратор

Задание:

Определить величину заряда, приобретаемого зерном пшеницы, помещаемой в камерный сепаратор, а также заряд эллипсоида в электрическом поле коронного разряда. Определить разницу между зарядами, приобретёнными зерном пшеницы при его положении вдоль и поперёк поля. Определить силу электрического поля, действующую на зерно пшеницы.

Решение:

1. Заряд эллипсоида в электрическом поле коронного разряда:

$$Q = \frac{E \times S \times \varepsilon_0}{4\pi \times K_\phi}$$

где: E – напряжённость электрического поля, В/м, (для пшеницы = $3,64 \div 3,97$);

S – площадь сечения эллипсоида, перпендикулярного к потоку ионов, м²;

K_ϕ – диэлектрический коэффициент формы;

ε_0 – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика (для пшеницы = 5)

2. Диэлектрический коэффициент формы определяется из зависимости диэлектрического коэффициента формы от коэффициента сферичности для эллипсоида (рисунок 19)

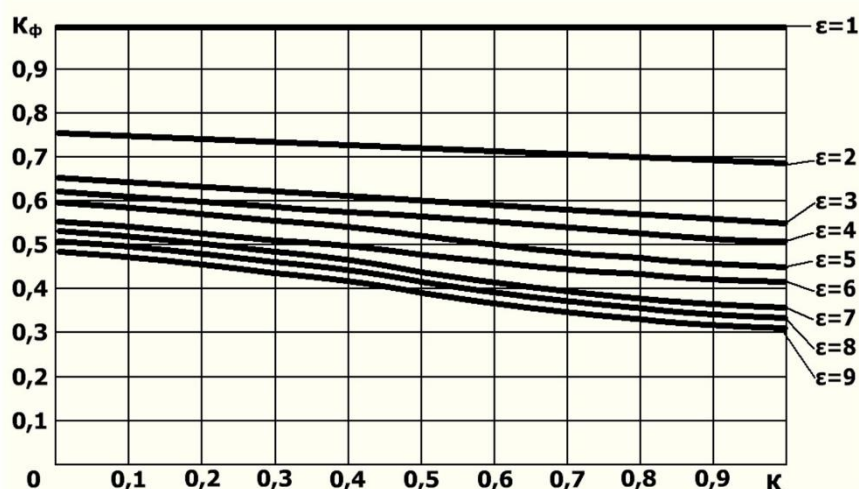


Рис. 19. Зависимость диэлектрического коэффициента формы от коэффициента сферичности для эллипсоида, ориентированного длинной осью вдоль поля .

Принимаем коэффициент сферичности K равным 0,6, тогда диэлектрический коэффициент формы будет равен 0,52

3. Исходя из выше изложенного, заряд эллипсоида в электрическом поле коронного разряда равен:

$$Q = \frac{E \times S \times \varepsilon_0}{4\pi \times K_\phi} = \frac{3,7 \times 10^3 \times 6 \times 10^{-6} \times 5}{4 \times 3,14 \times 0,52} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ Кл}$$

4. Определяем разницу между зарядами приобретёнными зерном пшеницы при его положении вдоль и поперёк поля:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

где: Q_2 – заряд приобретённый зерном пшеницы при его положении вдоль поля, Кл;

Q_1 – заряд приобретённый зерном пшеницы при его положении поперёк поля, Кл.

5. Определяем заряд приобретённый зерном пшеницы при его положении вдоль поля:

$$Q_1 = \frac{E \times b^2 \times \varepsilon_0}{4 \times K_\phi}$$

где: b - величина малой оси эллипсоида семени пшеницы, м;

Диэлектрический коэффициент формы K_ϕ при $K=0,6$ будет равен 0,38 (рисунок 20):

$$Q_1 = \frac{3,7 \times 10^3 \times (3 \times 10^{-3})^2 \times 5}{4 \times 0,38} = 36,5 \times 10^{-3} \text{ Кл}$$

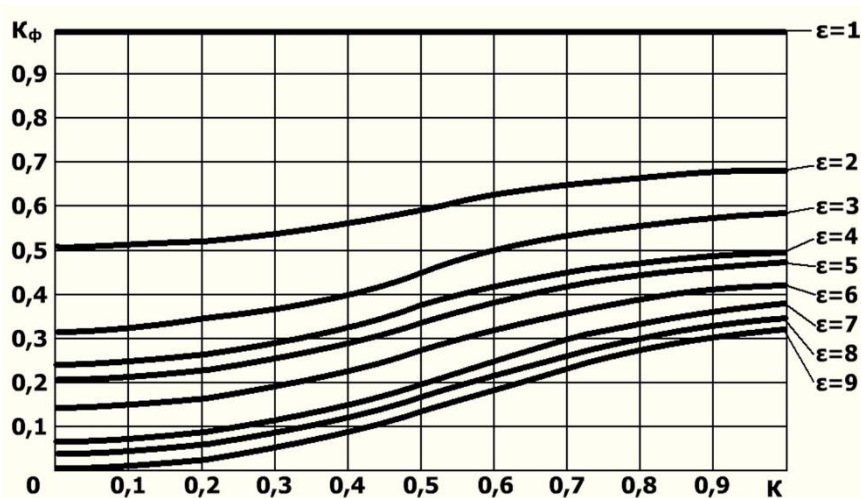


Рис. 20. Зависимость диэлектрического коэффициента формы от коэффициента сферичности для эллипсоида, ориентированного длинной осью поперёк поля .

6. Определяем заряд, приобретённый зерном пшеницы при его положении поперёк поля:

$$Q_2 = \frac{E \times a \times b \times \varepsilon_0}{4 \times K_\phi}$$

где: a - величина большей оси эллипсоида семени пшеницы, м;

$$Q_2 = \frac{3,7 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} \times 5}{4 \times 0,52} = 133,4 \times 10^{-3} \text{ Кл}$$

Подставляем полученные значения в формулу определения разницы между зарядами, приобретёнными зерном пшеницы при его положении вдоль и поперёк поля подставляем:

$$\Delta Q = 133,4 \times 10^{-3} - 36,5 \times 10^{-3} = 96,5 \times 10^{-3} \text{ Кл}$$

7. Определим силу электрического поля, действующую на зерно пшеницы:

$$F = Q \times \mu \times E = \frac{E^2 \times a \times b \times \varepsilon_0 \times \mu}{4 \times K_\phi} \times 10^{-4}$$

где: μ – показатель заряда, зависящий от переходного сопротивления и ёмкости системы *частица – электрод*, для данной системы принимаем 0,04;

$$F = \frac{(3,7 \times 10^3)^2 \times 3 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} \times 5 \times 0,04}{4 \times 0,5} \times 10^{-4} = 0,55 \text{ Н}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Теплофизические характеристики металлов

Металл	Плотность, кг/дм ³	Коэффициент теплопроводности Вт/м	Удельная теплоемкость, Дж/(кг×°С)
Алюминий	2,710	203	0,872
Бронза	8,000	64,1	0,381
Латунь	8,000	85,7	0,377
Медь красная	8,940	388	0,381
Сталь низкоуглеродистая	7,850	44,9	0,482
Сталь нержавеющая	7,850	26,0	0,482
Цинк	7,150	13	0,384
Чугун	7,220	62,8	0,504

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Теплофизические характеристики неметаллических материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м×°С)	Удельная теплоёмкость кДж/(кг×град)	Допустимая температура, °С	Температурные коэффициенты	
					теплопровод ности	теплоемк ости
	при температуре 20 °С					
Асбест листовой	770	0,116	0,817	250	—	—
Асбестовый шнур	130	0,064	1,04	250	—	—
Асбозурит	700	0,163	0,938	250	0,163×10 ⁻³	—
Асбоцемент	400	0,093	0,831	250	0,117×10 ⁻³	—
Асфальт	2120	0,605	2,09	30	—	—
Бакелит	1270	0,225	—	100	—	—
Бумага	1500	0,14	1,5	—	—	—

Вермикулит	150	0,105	0,63	1000	—	—
Войлок	240	0,042	—	—	—	—
Грунт подзолистый	1310	0,291	0,85	—	—	—
Диатомит необожженный	350-700	0,105	0,88	800	$0,244 \times 10^{-3}$	—
Минеральная вата	100	0,0442	0,83	750	$0,14 \times 10^{-3}$	—
Накипь котельная	1000 - 2500	0,15÷2,3	—	—	—	—
Ньювель	350	0,076	1,04	—	$0,087 \times 10^{-3}$	—
Пластмасса	50	0,043	1,17	—	—	—
Пробка	60	0,0384	1,76	150	—	—
Пух гагачий	21	0,065	—	80	—	—
Резина	1200	0,163	1,38	100	—	—
Соломенная резка	120	0,0465	1,46	—	—	—
Стекло	2500	0,745	0,67	—	—	—
Стекловата	200	0,0372	0,67	450	$0,256 \times 10^{-3}$	—
Шлаковата	430	0,0605	0,73	700	$0,128 \times 10^{-3}$	$0,092 \times 10^{-3}$
Камышит	1600	0,214	1,46	—	—	—
Красный кирпич	1700	0,755	0,88	—	$0,416 \times 10^{-3}$	—
Шамот	2600	0,70	0,88	1350	$0,64 \times 10^{-3}$	$0,055 \times 10^{-3}$
Огнеупорный кирпич	1200	0,685	1,0	1000	—	$0,068 \times 10^{-3}$
Пенобетон	360	0,0955	0,8	—	—	$0,25 \times 10^{-3}$
Опилки	170	0,0553	2,5	100	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Коэффициенты эффективности излучения для различных типов нагревательных элементов

Параметры	Тип нагревателя			
	зигзагообразный		спиральный	
	проволочный	ленточный	на трубке	на полочке
Коэффициент эффективности излучения	0,68	0,4	0,32	0,32
Минимальные относительные витковые расстояния	$\frac{1}{d} = 2,75$	$\frac{1}{b} = 0,9$	$\frac{1}{d} = 2,0$	$\frac{1}{d} = 2,0$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Плотность и удельное электрическое сопротивление сплавов

Марка сплава	Плотность, кг/дм ³	Диаметр проволоки, мм	Удельное электрическое сопротивление (Ом×мм ² /м) при температуре, °C						
			20	200	400	600	800	1000	1200
X15H60	8,20	0,2-0,5	1,1 ±0,05	1,132	1,168	1,186	1,198	1,216	—
		0,5-10	1,12±0,05	1,153	1,189	1,207	1,220	1,238	—
X23H18 (ЭН-417) и X25H20 (ЭП-75)	7,88	—	0,919	—	1,08	1,117	1,238	—	—
XH77TIO (X20870T3)	8,20	—	1,27±0,09	1,303	1,336	1,369	1,402	1,435	—
X20H80T (ЭН-435)	8,40	До 3	1,1±0,05	1,118	1,133	1,128	1,119	1,130	—
		Больше 3	1,12±0,05	1,138	1,154	1,147	1,139	1,150	—
		0,2-0,5	1,07±0,05	1,087	1,102	1,097	1,088	1,099	—
X20H80	8,40	0,5-3	1,09±0,05	1,107	1,123	1,117	1,109	1,119	—
		3-10	1,11±0,05	1,138	1,154	1,147	1,139	1,150	—
XH600 (X15H60ЮЗ или ЭН-529А)	7,90	—	1,209	1,184	1,236	1,233	1,219	1,227	—
XH70 (OX27H70ЮЗ или ЭН-652)	7,90	—	1,338	1,360	1,408	1,409	1,360	1,559	—
0X23Ю5А (ЭН-595)	7,27	—	1,35±0,05	1,364	1,377	1,418	1,445	1,451	—
0X27Ю5А (ЭН-626)	7,19	—	1,42±0,05	1,42	1,434	1,463	1,463	1,477	1,477
1X189T (ЭЯ-1Т)	7,90	—	0,71	0,85	0,97	1,07	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Расчетные значения температур поверхности пола и воздуха в помещении

Помещение	$t_{\text{г,о}}\tilde{N}$	$t_{\text{г,о}}\tilde{N}$	
		оптимальная	допустимая
Свинарник-маточник:			
площадь под поросятами	25÷30	12	8÷18
площадь под свиноматками	18÷20	12	8÷18
Свинарник - откормочник	25÷15	10	5÷16
Цыплатник - бройлерник	35÷40		25÷28
Коровник:			
общие стойла	15	8	6÷8
стойла для лечения	26÷29	8	6÷8

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Основные технические данные нагревательных проводов марок ПОСХВ и ПОСХП

Показатели		Размерность	Провод ПОСХВ	Провод ПОСХП
ЖИЛА	Материал	—	Телеграфная катанка	Телеграфная катанка
	Диаметр	мм	1,1	1,1
	Удельное электрическое сопротивление	Ом-мм ² /м	0,14	0,14
	Температурный коэффициент сопротивления	1/°C	0,00455	0,00455
	Допускаемая рабочая температура	°C	до 60	до 90
ИЗ	Материал	—	Полихлорвинил	Полиэтилен

	Наружный диаметр	мм	2,9	2,3
	Коэффициент теплопроводности	Вт/(м×°С)	0,17	0,3
	Масса провода	г/м	14,9	10,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Значения поправочного коэффициента k для вычисления коэффициента самоиндукции (при расчете индукторов)

$\frac{D}{a}$	k	$\frac{D}{a}$	k	$\frac{D}{a}$	k	$\frac{D}{a}$	k
0,0	1,0000	1,55	0,5871	4,20	0,3551	14,0	0,1605
0,05	0,9791	1,60	0,5795	4,30	0,3502	15,0	0,1527
0,10	0,9588	1,65	0,5721	4,40	0,3455	16,0	0,1457
0,15	0,9391	1,70	0,5649	4,50	0,3409	17,0	0,1394
0,20	0,9201	1,75	0,5579	4,60	0,3364	18,0	0,1336
0,25	0,9016	1,80	0,5511	4,70	0,3321	19,0	0,1284
0,30	0,8838	1,85	0,5444	4,80	0,3279	20,0	0,1236
0,35	0,8665	1,90	0,5379	4,90	0,3238	22,0	0,1151
0,40	0,8499	1,95	0,5316	5,00	0,3198	24,0	0,1079
0,45	0,8337	2,00	0,5255	5,20	0,3122	26,0	0,1015
0,50	0,8181	2,10	0,5137	5,40	0,3050	28,0	0,0959
0,55	0,8081	2,20	0,5025	5,60	0,2971	30,0	0,0910
0,60	0,7885	2,30	0,4918	5,80	0,2916	35,0	0,0808
0,65	0,7745	2,40	0,4816	6,00	0,2854	40,0	0,0722
0,70	0,7609	2,50	0,4719	6,20	0,2795	45,0	0,0664
0,75	0,7478	2,60	0,4626	6,40^	0,2739	50,0	0,0611
0,80	0,7351	2,70	0,4537	6,60	0,2685	60,0	0,0528
0,85	0,7228	2,80	0,4452	6,80	0,2633	70,0	0,0467
0,90	0,7110	2,90	0,4370	7,00	0,2584	80,0	0,0419
0,95	0,6995	3,00	0,4292	7,20	0,2537	90,0	0,0381
1,00	0,6884	3,10	0,4217	7,40	0,2491	100,0	0,0350
1,05	0,6777	3,20	0,4145	7,60	0,2448		
1,10	0,6673	3,30	0,4075	7,80	0,2406		
1,15	0,6573	3,40	0,4008	8,00	0,2366		

1,20	0,6475	3,50	0,3944	8,50	0,2272		
1,25	0,6381	3,60	0,3882	9,00	0,2185		
1,30	0,6290	3,70	0,3822	9,50	0,2106		
1,35	0,6201	3,80	0,3764	10,0	0,2033		
1,40	0,6115	3,90	0,3708	11,0	0,1903		
1,45	0,6031	4,00	0,3654	12,0	0,1790		
1,50	0,5950	4,10	0,3602	13,0	0,1695		

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Значения поправочного коэффициента k_m для вычисления коэффициента взаимной индукции (при расчете индукторов)

$\frac{D_1}{a_1}$	k_m при различных значениях $\frac{a_1}{a_2}$									
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,75	2,0	2,5
0,00	0,000	0,910	0,834	0,770	0,715	0,667	0,625	0,572	0,500	0,400
0,05	0,975	0,904	0,829	0,768	0,713	0,667	0,624	0,570	0,499	0,399
0,10	0,950	0,890	0,821	0,761	0,707	0,661	0,620	0,568	0,496	0,397
0,20	0,895	0,850	0,793	0,737	0,690	0,646	0,607	0,557	0,487	0,391
0,30	0,840	0,811	0,757	0,709	0,664	0,622	0,585	0,539	0,474	0,381
0,40	0,820	0,770	0,721	0,675	0,632	0,598	0,564	0,517	0,455	0,368
0,50	0,782	0,733	0,687	0,644	0,604	0,570	0,538	0,494	0,436	0,354
0,60	0,755	0,696	0,654	0,615	0,577	0,543	0,512	0,470	0,418	0,335
0,70	0,712	0,665	0,621	0,584	0,548	0,517	0,487	0,447	0,397	0,320
0,80	0,678	0,633	0,585	0,560	0,519	0,492	0,463	0,424	0,378	0,304
0,90	0,646	0,604	0,560	0,528	0,495	0,469	0,442	0,403	0,361	0,294
1,00	0,620	0,578	0,537	0,500	0,472	0,445	0,421	0,384	0,343	0,279

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Некоторые параметры генераторных ламп

Тип лампы	Напряжение приведения, В	Крутизна линии пограничного режима
ГУ4	125	1,4
ГД200	1700	2,35
ГД400	3000	3,5
ГК3000	10000	5,2
ГК010	5000	7
Г889	1000	11
Г431	5000	12
Г433	5000	32

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Размеры и масса семян

Семена	Длина		Ширина		Толщина		Масса	
	средняя, мм	дисперсия	средняя, мм	дисперсия	средняя, мм	дисперсия	средняя, мм	дисперсия
Пшеница Саратовская 29	5,6	0,6	3,15	0,25	2,65	0,2	32,7	6,6
Овес Победа	11,5	1,5	2,7	0,35	2,2	0,2	37,3	3,3
Овсяг	12,5	1,3	2,45	0,25	1,9	0,2	24,5	3,0
Дикая редька	5,0	1,0	4,0	1,0	3,2	0,7	23,4	3,8
Репей	7,9	0,6	3,8	0,3	3,0	0,25	25,1	3,7
Плевел	4,2	0,3	2,0	0,2	1,3	0,25	4,7	1,0
Лен	4,1	0,3	2,3	0,2	1,1	0,15	4,3	0,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Характеристика магнитострикционных материалов

Материал	Марка	Магнитострикция, см	Модуль упругости $E_{упр}$, дн/см ²	Плотность, γ_n , г/см ³	Скорость звука $V_{зв}$, см/сек	Удельная допустимая мощность, Вт/см ²
Никель	Н1	35×10^{-6}	$2,1 \times 10^{12}$	8,9	$4,86 \times 10^5$	50-80
Альсифер	Ю14	40×10^{-6}	$1,77 \times 10^{12}$	6,65	$5,16 \times 10^5$	60-80
Пермендюр	К29Ф2	70×10^{-6}	$2,18 \times 10^{12}$	8,08	$5,2 \times 10^5$	90-120

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Ширина окна двухстержневых преобразователей мощностью 0,25—3 кВт

Мощность P , кВт	0,25-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0
Ширина окна s , мм	8-10	10-14	14-16	15-18

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Выделенные частоты для нагрева в электрическом поле высокой частоты

Частота	Пределы изменения частот
Средневолновый диапазон	
440 кГц	$\pm 2,5\%$
880 кГц	$\pm 1\%$
1760 кГц	$\pm 2,5\%$
Коротковолновый диапазон	
5,28 МГц	$+ 2,5\%$
13,56 МГц	$\pm 1,0\%$

27,12 МГц	±1,0%
Метровый диапазон	
40,68 МГц	±1%
81,36 МГц	±1%
152,5 МГц	+1%
300,0 МГц	±1%
Дециметровый диапазон	
2375 МГц	±2%
Сантиметровый диапазон	
22125 МГц	±0,5%

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

**Нормы амортизационных и ремонтных отчислений по
основным фондам народного хозяйства (извлечение) в %
стоимости.**

Наименование машин	Общая норма амортиза ционных отчисле ний	В том числе:		Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживан ие
		на полное восстановл ение	на капитальный ремонт	
Автопоилки	20,0	20,0	-	18,0
Агрегаты для приготовления травяной муки	14,2	14,2	-	-
Агрегаты электростригаль ные	16,6	16,6	-	14,0
Бункеры для сухих кормов	12,5	12,5	-	4,0
Бункеры с питателями для ленточных транспортеров	16,6	16,6	-	14,0
Весы	14,2	14,2	-	-

Наименование машин	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе:		Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание
		на полное восстановление	на капитальный ремонт	
автоматические				
Грануляторы	16,6	16,6	-	12,0
Доильные установки:				
передвижные	16,6	16,6	-	14,0
стационарные	14,2	14,2		18,0
Дороги подвесные	10,0	10,0	-	14,0
Дробилки	16,6	16,6	-	14,0
Емкости для хранения молока	12,5	12,5	-	-
Жижеразбрасыватели	20,0	20,0	-	20,0
Измельчители и смесители кормов	16,6	16,6	-	14,0
Инкубаторы	12,5	12,5	-	18,0
Комплекты оборудования напольного содержания птицы -	14,2	14,2		14,0
клеточного содержания птицы	12,5	12,5	-	14,0
Для откормочных и репродукторных ферм.	14,2	14,2	-	18,0
копновозы	16,6	16,6	-	10,0
Кормораздатчик	20,0	20,0	-	18,0

Наименование машин	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе:		Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание
		на полное восстановление	на капитальный ремонт	
И				
Кормушки металлические	20,0	20,0	-	18,0
Косилки-измельчители	14,2	14,2	-	14,0
Косилки тракторные	20,0	20,0	-	14,0
Котлы парообразователи	20,0	20,0	-	14,0
Краны башенные г/п до 10 т.	11,9	9,6	2,3	-
Насосы: -центробежные - артезианские - канализационные - погружные - объемные (Ш / П) - вакуумные	19,3 30,0 27,9 22,5 18,0 10,0	12,5 25,0 12,5 17,5 13,0 8,1	6,8 5,0 15,4 5,0 5,0 1,9	-
Нории	14,2	14,2	-	12,0
Оборудование для прессования и другой обработки шерсти	11,1	11,1		12,0
Охлаждатели	12,5	12,5	-	12,0
Погрузчики механические	22,0	10,0	12,0	-

Наименование машин	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе:		Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание
		на полное восстановление	на капитальный ремонт	
Погрузчики-измельчители	20,0	20,0	-	14,0
Погрузчики универсальные	14,2	14,2	-	13,0
Прессы брикетные, сенные	16,6	16,6	-	13,0
Пресс-подборщики	16,6	16,6	-	13,0
Прицепы тракторные	14,2	14,2	-	16,0
Погрузчики сыпучих и пылевидных материалов	20,0	12,0	8,0	.
Скирдорезы	16,6	16,6	-	13,0
Соломосилосорезки	16,6	16,6	-	12,0
Стогометатели	16,6	16,6	-	13,0
Танки-термосы	10,0	10,0	-	12,0
Теплогенераторы	20,0	20,0	-	12,0
Тракторы: МТЗ-80	15,0	10,0	5,0	10,0
Т-150К	17,0	10,0	7,0	11,5
ДТ-75М	18,5	12,5	6,0	11,5
Транспортёры для уборки навоза	25,0	25,0		18,0
Транспортёры сельскохозяйств	16,6	16,6	-	12,0

Наименование машин	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе:		Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание
		на полное восстановление	на капитальный ремонт	
енного назначения				
Ткжоподборщик и	16,6	16,6	-	13,0
Установки водоструйные	20,0	20,0	-	-
Фуражиры	16,6	16,6	-	13,0
Сараи для содержания зверей	11,7	8,5	3,2	-
Электродвигатели мощностью до 100 кВт	12,6	9,5	3,1	4,8
Электрокары	15,9	10,9	5,0	-
Электроподогреватели	16,6	16,6	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Тарификация труда работников животноводства

№ п/п	ВИДЫ РАБОТ	Разряд
1	Работа оператора молочного (мясного) животноводства, занятого на:	5
	- машинном доении коров, обслуживании коров в родильном отделении, выращивании телят. - обслуживании молодняка крупного рогатого скота, обслуживании коров дойного стада	4

2	Работа оператора по обслуживанию: - холостых и супоросных свиноматок, свиней в откорме - свиноматок с приплодом, поросят до 4-месячного возраста, хряков-производителей	4 5
3	Работа оператора по обслуживанию: - птицы выгульного содержания, по выращиванию молодняка птицы - птицы клеточного содержания	4 5
4	Сортировка яиц	3
5	Работа оператора по обслуживанию отары: - маток и баранов производителей - ярок, переярок, валухов всех возрастов и др. групп	5 4
6	Стрижка овец электростригальной машиной - вручную.	3 4
7	Работа дежурного в ночное время: подсобные работы	2
8	Работа тракториста-машиниста по обслуживанию животных.	4
9	Работа оператора по приготовлению, дозированию и раздаче кормов, по приготовлению влажных мешанок	4
10	Измельчение соломы и сена, приготовление сенной муки соломорезкой и другими измельчителями с приводом от трактора	3
11	Мойка и измельчение корнеклубнеплодов	2
12	Мойка, измельчение, запаривание корнеклубнеплодов и приготовление мятого картофеля.	3
13	Раздача кормов: - транспортёром. - трактором и прицепом с механизированной подачей в кормушки.	2 3
14.	Скашивание, измельчение, подвозка и раздача зелёной массы комбайном, трактором с прицепом с механической подачей в кормушки	4
15	Работа оператора по ветеринарной обработке скота	4
16	Работа оператора по приёму, взвешиванию и	3

	перегону скота	
17	Уборка помещений и выгульно-кормовых площадок бульдозером с механизированной погрузкой	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Тарифные сетки и тарифные ставки.

Разряды	На конно-ручные работы и работы в животноводстве			Для трактористов-машинистов.		
	Тарифные коэффициенты	Месячные тарифные ставки	Дневные тарифные ставки	Тарифные коэффициенты	Месячные тарифные ставки, руб	Дневная тарифная ставка, руб
I	1,000	*		1,000	**	
II	1,100			1,084		
III	1,220			1,196		
IV	1,358			1,349		
V	1,557			1,543		
VI	1,818			1,794		

* - Гарантированный минимум заработной платы или тарифная ставка I разряда.

** - Выше тарифной ставки I разряда из тарифной сетки на конно-ручные работы в животноводстве на 1,44.

Дневная тарифная ставка находится делением месячной тарифной ставки на 25,2 дня.

Часовая тарифная ставка (Зч) находится делением дневной ставки на 8,2.

ЕДИНАЯ ТАРИФНАЯ СЕТКА.

Разряды	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Тарифные коэффициенты	1,00	1,30	1,69	1,91	2,16	2,44	2,76	3,12	3,53
Разряды	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Тарифные коэффициенты	3,99	4,51	5,10	5,76	6,51	7,36	8,17	9,07	10,07

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Электрооборудование животноводства

Наименование машин и оборудования	Марка	Расход, л/ч	N _{пр} , Вт	П _{опт}	Л	П _{ог} .
Изгородь электрическая	ЭИЛ-1-1			23	1	
Изгородь электрическая	ЗИЛ- 1-30			200		
Стационарная электроизгородь для овец	ЭИС-2-5			72	1	1600 - 2000
Комплект оборудования	БКН-3А			1782		35280
Электронагреватель воды	ЭВ-Ф-15А	173-415		8		
Электродный водонагреватель	ЭВН-16	0,54	15,7	12		
Электроводонагреватель	САОС-400/90	127	2,8-8,1	23		

Наименование машин и оборудования	Марка	Расход, л/ч	N _{пр.} Вт	П _{опт}	Л	П _{ог.}
Электроводонагреватель проточный	СПОС-12	165-177	10275	24		
Установка для обогрева, облучения животных, ионизации воздуха	ИКУ-Ф-2М			5		
Оборудование для обогрева и облучения животных	ЛУЧ-2А		20,5	8	1	800 поросят, 100 телят
Ультрафиолетовый облучатель	Э01-ЗОМ		30	6		
Инфракрасная лампа	ИКЗК220		250	2		
Электрообогреватель	ЭИС-0,25-и1		25	2		
Электрокалориферные агрегаты	СФОО-10/0,4-и 1	7000	50	64		
Электрокалориферные установки	СФОЦ-25	2500	23,6	92		
Электрообогреватель -доводчик тепла	ЭОКС-2/1,5		2	32		
Установка холодильная	ТХУ-14	16,86	8,75	300		

Наименование машин и оборудования	Марка	Расход, л/ч	$N_{\text{пр}}$, Вт	$\Pi_{\text{опт}}$	Л	$\Pi_{\text{ог}}$
Установка тепло-холодильная	ТХУ-20-1-0	19,84	10,3	450		

Q – производительность; $N_{\text{пр}}$ – привод и его мощность; кВт; $\Pi_{\text{опт}}$ – прейскурантная цена тыс. руб.; Л – число обслуживающего персонала; $\Pi_{\text{ог}}$ – число обслуживаемых животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электротехнология. Т. 2. Электронагрев : метод. указания / М. Я. Ашмарин, А. А. Лысаков. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2007. – 40 с.
2. Электротехнология. Т. 1.: метод. указания по выполнению лабораторных работ / М. Я. Ашмарин, А. А. Лысаков. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – 48 с.
3. Шогенов А. Х. Монтаж электрооборудования на фермах / А. Х. Шогенов. – М.: Агропром. издат., 1991.
4. Цыганков Б. К., Бурлин С. В., Лебедев Д. В., Новокрещенов О. В. Способ сортировки семян. //Патент РФ №2199404, 11.06.2002. Бюл. №6
5. Устройство для стабилизации частоты и напряжения автономного асинхронного генератора/Богатырев Н. И., Григораш О. В., Курзин Н. Н. и др. Патент на изобретение RUS 2216097, 15.08.2001.
6. Способ санации животноводческих помещений в присутствии животных: Патент RU2542504 C1 / В. И. Терехов, Д. А. Нормов, Н. Н. Курзин, В. Ф. Сторчевой, М. М.; заяв. 06.03.2014; опубл. 20.02.2015. Бюл. № 5.
7. Пидьменов В. Н. Механизация уборки навоза на животноводческих фермах / В. Н. Пидьменов. – М. : Колос, 1967.
8. Патент 2299559 Российская Федерация, МПК C2 A01J 7/00 (2006.01) A01J 7/04 (2006.01) Устройство для массажа вымени животных / Н. Н. Курзин, И. А. Потапенко, А. Л. Кулакова и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. - № 2004134316/12 заявл. 24.11.2004; опубл. 27.05.2007. Бюл. № 15. – 4 с.
9. Патент 2136123, МКП H05 B6/10, 6/50. Индукционный проточный нагреватель/ Н. И. Богатырев, О. В. Вронский, Е. А. Зайцев, Н. Н. Курзин, В. Н. Темников; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 97120742/09; Заявл. 11.12.97; Опубл. 27.08.99; Бюл. №24. –8 с.
10. Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства : Учеб. Пособие / С. В. Оськин, В. С. Газалов, Н. Н. Курзин. – Краснодар 2008.– С. 196.
11. Параметры электроозонирования для предпосевной обработки семян кукурузы : монография Нормов Д. А., Шевченко А.

А., Сапрунова Е. А., Шхалахов Р. С., Нормова Т. А. / Краснодар : КубГАУ, 2007. –124 с.

11. Нормов Д. А., Оськин С. В., Шевченко А. А., Сапрунова Е. А. Способ обработки семян сельскохозяйственных культур. //Патент РФ № 2248111, 20.03.2005. Бюл. №8

12. Нормов Д. А., Оськин С. В., Педан А. В., Сапрунова Е. А. Способ обработки семян сельскохозяйственных культур, устройство для его реализации. //Патент РФ № 2299543, 27.05.2007. Бюл. №4

13. Нормов Д. А., Лисицын В. В., Овсянников Д. А. Способ обеззараживания пчелиных соторамок при нозематозе. //Патент РФ № 2217909, 10.12.2003. Бюл. №34

14. Нормов Д. А., Курзин Н. Н., Федоренко Е. А., Шуськин Е. И., Нормов В. А. Способ стимулирования роста гороха в условиях защищенного грунта для селекционных целей. //Патент РФ № 2479186, 04.08.2011. Бюл. №11

15. Нормов Д. А., Курзин Н. Н., Нормов В. А., Лиснер И. А., Бойко В. С. Способ обеззараживания кукурузы в условиях защищенного грунта для селекционных целей. //Патент РФ № 2478272, 04.08.2011. Бюл. №10

16. Нормов Д. А. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: дис.. д-ра техн. наук. – Краснодар, 2009. – 307 с.

17. Нормов Д. А. Разработка и исследование электроозонатора для повышения эффективности сжигания топлива в котельных АПК автореферат дис.. кандидата технических наук / КубГАУ. Краснодар, 1997.

18. Нормов Д. А. Предпосевная обработка семян кукурузы озоновоздушной смесью / Нормов Д. А. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007г. – № 8. – с. 8–9.

19. Нормов Д. А. Озон против микотоксикозов фуражного зерна / Нормов Д.А., Шевченко А. А., Федоренко Е. А. // Сельский механизатор. – 2009г. – №4. – с. 24–25.

20. Нормов Д. А. Озон в отраслях АПК/Д. А. Нормов//Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. -Краснодар: КубГАУ, 2002. –С. 86–89.

21. Нормов Д. А. Озон в отраслях АПК // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. Краснодар: КубГАУ, – 2002. – С. 86-89.

22. Нормов Д. А. Влияние профиля диэлектрических пластин на параметры разрядного устройства электроозонатора / Д. А. Нормов, Д. А. Овсянников // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2006. (45)

23. Нормов Д. А. Влияние озонОВОздушной обработки на фитопатогенную микрофлору в овощехранилище / Д. А. Нормов,

24. А. А. Шевченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар: КубГАУ. – 2008. – № 13. - С. 208–210.

25. Нормов Д. А. Анализ эффективности применения электротехнологий в сельскохозяйственном производстве/ Нормов Д. А., Пожидаев Д. В., Волов Р. В., Н. С. Левшакова, П. П. Паршинцев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2015. – №113(09). С. 43–55.

26. Низкотемпературный электронагрев / под ред. А. Д. Свенчанского. – М.: Энергия, 1978.

27. Низкотемпературный нагрев / А. П. Альтгаузен [и др.]. – М.: Энергия, 1978.

28. Лебедев Д. В., Якименко М. О., Кузьменко П. С. Устройство для сортировки яиц. //Патент РФ № 2504149, 05.07.2012. Бюл. №2

29. Лебедев Д. В., Оптико-электронный экспресс-анализ семенного материала: монография. КубГАУ, Краснодар. 2014, 148 с.

30. Лебедев Д. В., Рожков Е. А., Харченко С. Н. Способы оптико-электронного анализа при сортировке семян сельскохозяйственных культур // АгроЭкоИнфо. – 2019, №3.

31. Лебедев Д. В., Рожков Е. А., Леонов В. А., Мальнев И. Д. Применение электротехнологических оптико-электронных способов в хлебопекарном производстве для определения качества

пшеничной муки и концентрации мучной пыли в воздухе // АгроЭкоИнфо. – 2019, №4.

32. Лебедев Д. В., Рожков Е. А. Отсортировка по цвету зараженных фузариозом и головней семян пшеницы в многокритериальном фотоэлектронном сепараторе // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. Vol. 4. N37.

33. Лебедев Д. В., Михайлов Д. А., Лебедев И. Д., Михайлов А. А. Ферма для кроликов. //Патент РФ № 144334, 10.04.2014. Бюл. №23

34. Лебедев Д. В., Михайлов А. А., Лебедев И. Д., Михайлов Д. А., Максименко М. Н. Устройство для контроля состояния массы улья. //Патент РФ № 2561462, 03.06.2014. Бюл. №24

35. Лебедев Д. В., Лебедев И. Д., Лебедев В. Д., Яншин А. В. Устройство для сортировки яиц. //Патент РФ № 2654328, 08.08.2017. Бюл. №14

36. Лебедев Д. В., Кузьменко П. С., Якименко М. О., Лебедев И. Д. Озонатор. //Патент РФ № 2523805, 07.02.2013. Бюл. №21

37. Лебедев Д. В., Горская Е. С., Лебедев И. Д. Лебедев И. Д. Центробежный шелушитель семян зерновых культур. //Патент РФ №191291, 01.08.2019. Бюл. №22

38. Лебедев Д. В. Параметры процесса распознавания семян люцерны в семенном материале высокоточным оптико-электронным способом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Краснодар, 2005г. – 149 с.

39. Лебедев Д. В. Оптико-электронный экспресс-анализ засоренности семян люцерны трудноотделимыми сорняками / Рутковский И. А., Цыганков Б. К., Бурлин В. Д., Лебедев Д. В. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003г. – №11. – с. 8-9.

40. Курзин Н. Н., Федоренко О. В. Экологически чистый способ озоноздушной обработки муки для повышения качества кондитерских изделий / Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. –2015. –№ 2 (34). –С. 96-104.

41. Курзин Н. Н., Савенко А. В., Федоренко Е. А. Математическое моделирование физических процессов в электроозонаторах//Труды КубГАУ. Выпуск № 3 (42). –Краснодар: КубГАУ, 2013. –С. 142-146.

42. Курзин Н. Н., Потапенко И. А., Богатырев Н. И., Андрейчук В. К., Кремьянский В. Ф. Устройство для предпосевной обработки семян // Патент РФ № 2137333, 10.02.1998.

43. Курзин Н. Н., Когденко Н. В. Устройство для очистки изделий // Патент РФ № 2177375, 03.04.2000. Бюл. №36

44. Курзин Н. Н., Григораш О. В., Потапенко И. А., Лепетухин М. В., Курзин Д. Н., Чесовской А. С., Военцов Д. В., Турчанин О. С. Способ подготовки воды. // Патент РФ № 2281917, 09.08.2004. Бюл. №23

45. Курзин Н. Н., Бурдаков Д. А. Управление освещением в сельскохозяйственном производстве / Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. Сборник статей по материалам научно-исследовательских работ: в 4 томах. –2017, Краснодар. –С. 76-79.

46. Курзин Н. Н., Бурдаков Д. А. Использование светодиодного освещения в сельском хозяйстве / Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. Сборник статей по материалам научно-исследовательских работ: в 4 томах. –2017. –С. 73-76.

47. Курзин Н. Н., Богатырев Н. И., Потапенко И. А., Матящук А. Г., Курзин Д. Н., Лепетухин М. В. Устройство для предотвращения накипи. // Патент РФ № 2206854, 01.11.2001. Бюл. №17

48. Курзин Н. Н., Богатырев Н. И., Дайбова Л. А., Демьянченко Н. А., Когденко Н. В., Кулакова А. Л. Способ диагностики мастита у коров и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2210768, 11.07.2000. Бюл. №16

49. Курзин Н. Н. Электрохимическая термодинамика клетки в условиях электромагнитного воздействия / Н. Н. Курзин, Е. А. Рожков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. –2015. –№ 108. –С. 1124-1146.

50. Курзин Н. Н. Электрофизические методы повышения воспроизводства крупного рогатого скота в краснодарском крае: дис.. к-та техн. наук. – Краснодар, 1999.

51. Курзин Н. Н. Электротехнологические разработки для животноводческой и птицеводческой отраслей Кубани / Н. Н. Курзин // Животноводство юга России. –2015. –№ 7 (9). –С. 34-38.

52. Курзин Н. Н. Электротехнологические методы и средства повышения эффективности искусственного осеменения коров и восстановления их молочной продуктивности: дис.. д-ра техн. наук. – Краснодар, 2009.

53. Курзин Н. Н. Электростимулятор сокращений мускулатуры животных ЭСМЖ-1/ Н.И. Богатырев, Н.Н. Курзин, М.В. Назаров, Н.А. Демьянченко // Информационный листок – 1997. – Краснодар. – Сер. 251-97.

54. Курзин Н. Н. Электромагнитрон с круговым полем ЭМ-1 / Н.И. Богатырев, Н. Н. Курзин, И. А. Потапенко, В. Н. Темников // Информационный листок – 1997. – Краснодар. – Сер. 249-97.

55. Курзин Н. Н. Электромагнитный аппарат с круговым полем ЭМА-1 / Н. И. Богатырев, Н. Н. Курзин, О. В. Вронский, Е. А. Зайцев. // Информационный листок – 1997. – Краснодар. – Сер. 250-97.

56. Курзин Н. Н. Электромагнитное устройство для воздействия на семена растений / Н. И. Богатырев, Н. Н. Курзин, Потапенко И. А. // Информационный листок – 1998. – Краснодар. – Сер. 228-98.

57. Курзин Н. Н. Электромагнитное поле в животноводстве // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 1997. – № 360. – С. 138-145.

58. Курзин Н. Н. Современные электрофизические методы и электротехнологические устройства для АПК Кубани/Н. Н. Курзин, А. Э. Сулейманов, Д. А. Подповетная//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. –2015. -№ 112. –С. 1512-1541.

59. Курзин Н. Н. Современные методы в системе водоподготовки для теплообменного оборудования АПК. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина –2016, Саратов. –С. 114-116.

60. Курзин Н. Н. Расчет электроактиватора воды / Н. Н. Курзин, С. В. Оськин // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2011. – № 32. – С. 196-199.

61. Курзин Н. Н. Пути повышения эффективности проточных электроактиваторов водных растворов для силосования кукурузы / С. В. Оськин, Н. Н. Курзин, А. С. Оськин, Симонов Н. М., Запашный А. Г. // В сборнике: Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона – 2010. – С. 91-95.

62. Курзин Н. Н. Применение электрофизических факторов в противомаститных устройствах для молочного животноводства // Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. – 2019, Саратов, с. 129-131.

63. Курзин Н. Н. Применение электромагнитного поля в животноводстве // Наука Кубани – 1999. – № 5. – С. 9-13.

64. Курзин Н. Н. Применение импульсных электромагнитных полей для массажа вымени животных / Н. Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2007. – № 8. – С. 29.

65. Курзин Н. Н. Прибор для оценки значений воздействия электромагнитного поля на биологические объекты / Н. Н. Курзин, А. С. Чесовской // В сборнике: Электромеханические преобразователи энергии материалы 3-ей Межвузовской научной конференции – 2004. – С. 24-27.

66. Курзин Н. Н. Перспективы применения современных электротехнологий в АПК Краснодарского края / Н. Н. Курзин, А. Э. Сулейманов, Е. А. Рожков // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 106. – С. 883-902.

67. Курзин Н. Н. Оценка воздействия электромагнитного поля на сперму КРС / Н. Н. Курзин, С. В. Оськин // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2009. – № 3. – С. 17-18.

68. Курзин Н. Н. Оценка воздействия внешних электромагнитных полей на процессы стимулирования биологических объектов // В сборнике: Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК – 2006. – С. 180-184.

69. Курзин Н. Н. Оптимизация режимов электромагнитного аппарата для воздействия на биологические объекты / Н. Н. Курзин, Н.В. Силяева // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2000. – № 381. – С. 102.

70. Курзин Н. Н. Обоснование устройства для стимуляции развития эмбрионов птиц электромагнитным полем / Н. Н. Курзин, В. В. Пушкарский, М. А. Вольнова // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2000. – № 381. – С. 83-96.

71. Курзин Н. Н. Обоснование механизма воздействия внешних электромагнитных полей на процессы стимулирования жизнедеятельности биологических систем / А. Б. Александров, Б. Л. Александров, Н. Н. Курзин // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2007. – № 9. – С. 197-201.

72. Курзин Н. Н. Новые электромагнитные устройства сельскохозяйственного назначения // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2004. – № 6. – С. 20-22.

73. Курзин Н. Н. Новые электромагнитные устройства для АПК // В сборнике: Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе Сборник научных трудов II-й Российской научно-практической конференции. Ставропольский государственный аграрный университет; главный редактор В.И. Трухачев – 2004. – С. 24-27.

74. Курзин Н. Н. Моделирование электроимпульсного воздействия при профилактике и лечении мастита / Н. Н. Курзин, Л. А. Дайбова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 5. – 2003. – С 14-17.

75. Курзин Н. Н. Механизм воздействия внешних электромагнитных полей на процессы стимулирования активности биологических объектов / Н. Н. Курзин, Е. А. Рожков // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 108. – С. 702-724.

76. Курзин Н. Н. Методология проектирования устройств, и оценка электрофизического воздействия на биологические объекты сельскохозяйственного производства / Н. Н. Курзин. – Краснодар, 2008. - 300 с.

77. Курзин Н. Н. К вопросу взаимосвязи электрических и магнитных полей в электрическом колебательном контуре / А. Б. Александров, Б. Л. Александров, Н. Н. Курзин // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2012. – № 36. – С. 309-312.

78. Курзин Н. Н. Влияние электромагнитных полей на биологические системы растительного и животного происхождения/Н.Н. Курзин//Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК/Труды КГАУ. -Краснодар. -2005. –Вып. 420 (150) –С 297-300.

79. Курзин Н. Н. Влияние электромагнитных полей на биологические системы растительного и животного происхождения // В сборнике: Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК – 2005. – С. 297-300.

80. Курзин Н. Н. Влияние воздействия озонородной смеси на содержание вредоносной микрофлоры в кормах / Н. Н. Курзин, Д. А. Нормов, А. А. Шевченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 47. – С. 168-171.

81. Курзин Н. Н. Баланс поглощения озона при детоксикации зерна / Н. Н. Курзин, Д. А. Нормов, Д. В. Пожидаев // Информационно-управляющие системы в АПК: материалы международного научно-практического семинара, посвящённого 90-летию профессора Сергванцева В.Т. – 2012. – С. 39-41.

82. Курзин Н. Н. Электротехнологические методы и средства повышения эффективности искусственного осеменения коров и восстановления их молочной продуктивности: монография. Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар. 2009. 246 с.

83. Курзин Н. Н. Современные методы обработки воды для технологических целей АПК / Н. Н. Курзин, С. Ю. Мартыненко// Новая наука: теоретический и практический взгляд: мат. Междунар. науч.-практ. конф. –Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. –С. 159-162.

84. Курзин Н. Н. Перспективы применения аппаратов электрофизиотерапии/Н. Н. Курзин, Н. А. Демьянченко//Физико-технические проблемы создания новых технологий в

агропромышленном комплексе: Сборник научных трудов I-й Российской научно-практической конференции. Редакционная коллегия: Трухачев В. И. (гл. ред.), Марков В. Р., Гребенник В. И., Минаев И. Г., Симоновский А. Я., Стародубцева Г. П., Клименко М. Ю., Ставрополь, 13-16 июня 2001 г.-Ставрополь: Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия, 2001. –С. 260-262. –ISBN 978-5-00097-531-2.

85. Курзин Н. Н. Методика разработки алгоритма современных электротехнологических процессов в АПК/ Н. Н. Курзин, Д. А. Нормов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015, №53, с. 225-229

86. Карпенко В. Д., Тарасенко Б. Ф., Курзин Н. Н. Устройство предпосевной обработки почвы. //Патент РФ № 2661370, 17.07.2017. Бюл. №20

87. Калмыков З. Т., Тузов И. Н., Адамович А. А., Балюк Л. С., Бобкин С. С., Курзин Н. Н. Устройство для содержания телят. //Патент РФ № 184198, 15.06.2018. Бюл. №29

88. Живописцев Е. Н. Электротехнология и электрическое освещение / Е. Н. Живописцев, О. А. Косицын – М.: Агропромиздат., 1990

89. Григораш О. В., Курзин Н. И. Электротехника и электроника: Курс лекций. –Краснодар, 2003. –212 с.

90. Григораш О. В. Электротехника и электроника: учеб.для вузов/О. В. Григораш, Г. А. Султанов, Д. А. Нормов. –Гриф УМО. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 462 с.

91. Генератор озона : пат. 2331577 Рос. Федерация: МПК7 С 01 В 13/11/Нормов Д. А., Шевченко А. А., Квитко А. В., Попов Е. А., Федоренко Е. А.; заявитель и патентообладатель КубГАУ. -№ 2007107567; заявл. 28.02.07; опубл. 20.08.08, Бюл. № 23. -3 с.

92. Гайдук В. Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. –М.: Агропромиздат, 1989. –175 с.

93. Бурлин С. В., Лебедев Д. В., Лобунец В. А. Способ сортировки семян. //Патент РФ №2245198, 03.09.2003. Бюл. №3

94. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Н. М. Зудь. – М.: Агропромиздат., 1990.

95. Бородин И. Ф., Нормов Д. А. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 1. С. 85-86.

96. Бородин И. Ф. Электроозонные технологии в сельском хозяйстве/И. Ф. Бородин, Д. А. Нормов//Вестник российской сельскохозяйственной науки. -2009. –№ 1. –С. 85-86.

97. Бородин А. П. Новое оборудование для сельского хозяйства / А. П. Бородин, Ф. И. Московкин.– М.: Россельхозиздат., 1975.

98. Богатырев Н. И., Курзин Н. Н. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве: Учебн. пособие/КубГАУ.- Краснодар,1999.-214 с.

99. Богатырев Н. И., Назаров М. В., Дайбова Л. А., Кулакова А. Л., Когденко Н. В., Курзин Н. Н. Способ стимуляции молочной железы первотелок при машинном доении и устройство для его осуществления. //Патент РФ № 2190324, 28.04.2000. Бюл. №7

100. Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Потапенко И. А., Темников В. Н., Кремьянский В. Ф., Вольнова М. А. Устройство для предпосевной обработки семян // Патент РФ № 2137334, 10.02.1998.

101. Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Комлацкий В. И., Зайцев Е. А., Темников В. Н. Устройство для обработки спермы животных //Патент РФ № 2128965, 26.11.1997.

102. Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Жраков И. В., Темников В. Н., Кремьянский В. Ф., Горячкин Г. К. Электромагнитное устройство для обработки жидкости // Патент РФ № 2136606, 10.02.1998.

103. Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Вронский О. В., Темников В. Н., Вольнова М. А., Александров А. Б. Устройство для магнитной обработки жидкости // Патент РФ № 2136605, 10.02.1998.

104. Богатырев Н. И., Вронский О. В., Курзин Н. Н., Потапенко И. А., Темников В. Н., Матящук А. Г. Импульсный ультразвуковой генератор //Патент РФ № 2145467, 24.02.1998. Бюл. №4

105. Богатырев Н. И., Вронский О. В., Зайцев Е. А., Курзин Н. Н., Темников В. Н. Индукционный проточный нагреватель // Патент РФ № 2136123, 11.12.1997.

106. Богатырев Н. И., Вольнова М. А., Гуськов Н. А., Демьянченко Н. А., Курзин Н. Н., Иващенко И. С. Устройство для электромагнитного воздействия на сперму животных //Патент РФ № 2155558, 01.12.1998. Бюл. №25

107. Богатырев Н. И. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве: Учебное пособие для вузов/Н. И. Богатырев, Н. Н. Курзин, В. Н. Темников.–Краснодар: Куб ГАУ, 2001. –338 с.

108. Андрейчук В. К., Нормов Д. А., Вербицкая С. В., Овсянников Д. Н., Чеснюк Е. Е., Нормова Т. А. Озонатор. //Патент РФ № 2185319, 20.07.2002. Бюл. №20

109. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию.–М.: Высш.шк.,2000.-255с., ил.

110. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю Краснодар,1961.–261 с. Алиев И. И. справочник по электротехнике и электрооборудованию.-М.: Высш.шк.,2000.-255с., ил.

111. Ershova I., Poruchikov D., Vasiliev A., Samarin G., Ruzhyev V., Zhukov A., Normov D. Technical and economic efficiency assessment of heat pump electric regulator application on agricultural object. International Transaction Journal of Engineering, Management

112. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Электрический нагрев и электротехнология». – Минск: БИМСХ, 1979.

113. Каганов И. Л. Курсовое и дипломное проектирование / И. Л. Каганов. – М.: Колос, 1980.

114. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации / И. И. Мартыненко, П. П. Тищенко. – М.: Колос, 1978.

115. Краткий справочник электрификатора колхозов и совхозов. – М.: Колос, 1968.

116. Электротеплоснабжение / под ред. П. М. Матко и Е. Е. Баскина. – М.: Энергия, 1971.

117. Высокочастотная электротермия / под ред. А. В. Донского. – М.: Машиностроение, 1965.

118. Бабенко И. И. Водоснабжение животноводческих ферм / И. И. Бабенко – М.: Колос, 1964.

119. Автоматизация производственных процессов на фермах / И. Ф. Кудрявцев [и др.]. – М.: Колос, 1976.

120. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. –М.: Агропромиздат, 1989. –175 с.

121. Лебедев Д.В., Рожков Е.А. Исследование зараженности семян пшеницы фузариозом оптико-электронным методом // Сборник научных статей по итогам десятой международной научной конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство». – 2019, с. 165-167.

122. Рожков Е.А. Исследование параметров электромагнитного поля, создаваемого для обработки семян пшеницы // Сборник научных статей по итогам одиннадцатой международной научной конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство». – 2019, с. 262-264.

123. Рожков Е.А. Повышение эффективности сортировки семян пшеницы путем использования оптико-электронного анализа // Сборник научных статей по итогам работы девятого международного круглого стола «Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии». – 2019, с.155-157.

124. А. с. 2013619284 РФ. Расчет намоточных данных импульсного трансформатора / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 30.09.2013.

125. А. с. 2013617745 РФ. Получение математических размеров по бинарному изображению яйца / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 22.08.2013.

126. А. с. 2013616501 РФ. Получение трехмерного бинарного изображения птичьего яйца / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 10.07.2013.

127. А. с. 2013616502 РФ. Расчет оптико-электронных схем по закону Ома / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 10.07.2013.

128. А. с. 2013621314 РФ. Мультимедийная лекция «Механика» / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 04.10.2013.

129. А. с. 2013621275 РФ. Мультимедийная лекция «Молекулярная физика»/ Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 30.09.2013.

130. А. с. 2013621183 РФ. Мультимедийная лекция «Электричество» / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 18.09.2013.

131. А. с. 2013621316 РФ. Мультимедийная лекция «Оптика» / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 04.10.2013.

132. А. с. 2013621276 РФ. Мультимедийная лекция «Квантовая физика» / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 30.09.2013.

133. А. с. 2014620459 РФ. Тестовые задания на тему «Кинематика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 21.03.2014.

134. А. с. 2014620437 РФ. Тестовые задания на тему «Динамика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 17.03.2014.

135. А. с. 2014621234 РФ. Тестовые задания на тему «Молекулярная физика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 03.09.2014.

136. А. с. 2014621291 РФ. Тестовые задания на тему «Переменный ток» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 12.09.2014.

137. А. с. 2014621327 РФ. Тестовые задания на тему «Постоянный ток» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 18.09.2014.

138. А. с. 2014621328 РФ. Тестовые задания на тему «Электростатика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 18.09.2014.

139. А. с. 2014620170 РФ. Тестовые задания на тему «Колебания» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 23.01.2014.

140. А. с. 2014620169 РФ. Тестовые задания на тему «Оптика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 23.01.2014.

141. А. с. 2014621233 РФ. Тестовые задания на тему «Квантовая физика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 03.09.2014.

142. А. с. 2014621297 РФ. Тестовые задания на тему «Ядерная физика» / Н.Н. Курзин, Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков // Бюл. – 15.09.2014.

143. А. с. 2017621282 РФ. База данных воспитательной работы / Д.В. Лебедев, Г.Д. Вурц // Бюл. – 08.11.2017.

144. А. с. 2019667524 РФ. Распознавание семян оптико-электронным способом и управления системой установки / Д.В. Лебедев, В.А. Безверхий // Бюл. – 24.12.2019.

145. А. с. 2007610437 РФ. Расчет массы семени по его визуальному образу / Е. И. Трубилин, С.В. Бурлин, Ф.В. Москаленко, Д.В. Лебедев, А.С. Брусенцов // Бюл. – 27.11.2006.

146. А. с. 2005612048 РФ. Сравнение двух групп бинарного изображения семян по заданным расчетам с построением графика / Б.К. Цыганков, С.В. Бурлин, Ф.В. Москаленко, Д.В. Лебедев, В.А. Лебедева // Бюл. – 14.06.2005.

147. А. с. 2005612046 РФ. Оцифровка бинарного изображения семян и расчет семени по заданным параметрам / Б.К. Цыганков, С.В. Бурлин, Ф.В. Москаленко, Д.В. Лебедев, В.А. Лебедева // Бюл. – 14.06.2005.

148. А. с. 2005612694 РФ. Подготовка бинарного изображения семян к оцифровке (очистка, фильтрация, центровка, ориентация) / Б.К. Цыганков, С.В. Бурлин, Ф.В. Москаленко, Д.В. Лебедев, В.А. Лебедева // Бюл. – 14.06.2005.

Учебное издание

**Курзин Николай Николаевич,
Нормов Дмитрий Александрович,
Лебедев Дмитрий Васильевич,
Рожков Евгений Александрович**

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Учебно-методическое пособие
Для студентов направления 35.03.06 "Агроинженерия
(Электрооборудование и электротехнологии)"*

В авторской редакции

Подписано в печать 27.02.2020г. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. – 6,86. Уч.-изд. л. – 5,36.

Тираж 100 экз. Заказ №332

ООО Полиграфическое предприятие «РОСТ».
350039, г. Краснодар, пр-д Майский, д. 18/10

