ISSN 2304-4926

ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Теоретический и научно-практический журнал

1 (6)/2014

Учредитель: **Совет молодых ученых ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии**

Издатель: **Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук**

Журнал основан в 2011 г.

Редакционная коллегия:

А.Н. Васильев (председатель, главный научный редактор)
А.Б. Коршунов (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
Л.Ю. Юферев (зам. председателя, зам. главного научного редактора)
Б.П. Коршунов,
В.Р. Краусп,
Д.А. Ковалев,
С.Г. Карташов,
С.А. Растимешин,
Л.Д. Сагинов,
Р.С. Суюнчалиев,
Ю.А. Цой,
Т.А. Гудкова (ответственный секретарь, редактор),
А.А. Юферева (редактор)

Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-47059 от 21.10.2011 г.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции

innvsh@gmail.com

gnuvieshinfo@yandex.ru
http://smu.гнувиэсх.рф/liter.html

© ГНУ ВИЭСХ, 2013.

ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Выпуск №1 (6) / 2014

Содержание номера

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
***В.А. Гусаров**, канд. техн. наук, **В.В.Харченко**, д-р техн. наук, профессор,*
(ГНУ ВИЭСХ), Москва

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕМБРАНЫ РЕГУЛЯТОРА ВАКУУМА ДЛЯ АДАПТИВНОЙ САУ ДОЕНИЯ
А.А. Машлякевич**, асп., **(ФГБОУ ВПО АЧГАА), Зерноград

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
***А.К. Джанибеков**, инж., **А.Н. Васильев**, д-р техн. наук, профессор,*
(ГНУ ВИЭСХ), Москва

ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА
***О.В. Северинов**, **А.С. Галов**, инженеры, **А.Н. Васильев**, д-р техн. наук, проф.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ЗЕРНОВОГО СЛОЯ В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА СВЧ
Д.А. Будников**, асп., **(ГНУ ВИЭСХ), Москва

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ УФ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
Юферев Л.Ю.**, канд. техн. наук, доцент, **Алферова Л.К.**, канд. техн. наук, **Юферева А.А.**, инж., **(ГНУ ВИЭСХ), Москва

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ РАССАДЫ
***Соколов А.В.**, асп., **Юферев Л.Ю.**, канд. техн. наук, доцент,*
(ГНУ ВИЭСХ), Москва

Содержание

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ТРИБОСОСТАВАМИ

***А.В. Дунаев**, ГНУ ГОСНИТИ, Москва, **О.Г. Павлов**, ООО С-WIZARD, СПб*
***И.Ф. Пустовой**, ООО «РИП», СПб, **С.Н. Шарифуллин**, Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Чистополь*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ЭКСПЕРТНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

***В.В. Солдатов**, д.т.н., профессор, **О.А. Липа**, к.т.н., доцент, **Д.А. Липа**, **(ФГБОУ ВПО РГАЗУ),** Балашиха*

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ХЛАДОНОСИТЕЛЕЙ С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЗАМЕРЗАНИЯ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

***В.В. Иванов**, асп., **(ГНУ ВИЭСХ)**, Москва*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЭС В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

***Ю.В. Федоров,** асп., **А.К. Сокольский,** канд. техн. наук,*
***(ГНУ ВИЭСХ)**, Москва*

Содержание

УДК 644 112

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

***В.А. Гусаров**, канд. техн. наук, **В.В.Харченко**, д-р техн. наук, профессор,*
ГНУ ВИЭСХ, Москва

В энергетике России, начиная с 1990 г., из-за снижения сельскохозяйственного производства, произошли значительные изменения в структуре, темпе и характере электрификации сельского хозяйства. Существенно сократился спрос на электроэнергию. Снижением энергопотребления на селе, в 1990-е годы и начале 2000-х, было следствием снижения производства сельскохозяйственной продукции.

Рис.1. Карта распределения на территории России централизованных сетей и распределённых

На рис. 1 показано распределение энергетической системы по территории России, В подавляющем большинстве, в распределённых сетях источниками генерации электроэнергии являются дизельные генераторы, из 50 тыс. генераторов 49 тыс. дизельные. К тому же, население численностью 15 млн. человек, проживающее на 70% территории, вообще не присоединено к энергосистемам, и оно использует свою собственную автономную систему энергоснабжения. Эти системы, как правило, создаются в индивидуальном порядке, с использованием дизельных или бензиновых генераторов различной мощности. Такое электроснабжение не стабильно, не удобно и дорого.

Для таких потребителей предлагается создание микросети, одной на небольшое поселение. Термин микросети, впервые был озвучен в 2006 г. заслуженным профессором Висконсинского университета в Медисо′не, США Робертом Лассе′тером. Профессора считают автором термина «microgrid» (микросеть, микро энергетическая система). Так называют устройства, образующие маленькие, умные, автономные электрические сети, объединяющие несколько локальных потребителей и источников энергии.

Работая автономно в режиме «энергетического острова», такие микросети емкостью менее 10 МВт способны надежно обеспечивать энергией сель-

Содержание

скохозяйственные центры, промышленные объекты, жилые кварталы, военные базы и др. объекты. Более того, микросети способны полностью обойтись без подключения к общей системе энергоснабжения, легко интегрируя местные возобновляемые источники энергии, такие как СЭС, ВЭС, микроГЭС, биогазовые комплексы и др. источники энергии. Поэтому использование микросетей в районах, где нет централизованного электроснабжения, именуемо. Как показывает мировой опыт, микросети с успехом отвоёвывают весомую часть энергетического рынка.

Рост тарифов на электроэнергию заставляет потребителей всего мира объединяться в микросети, где устанавливают генераторы, преимущественно использующие бесплатную энергию природы.

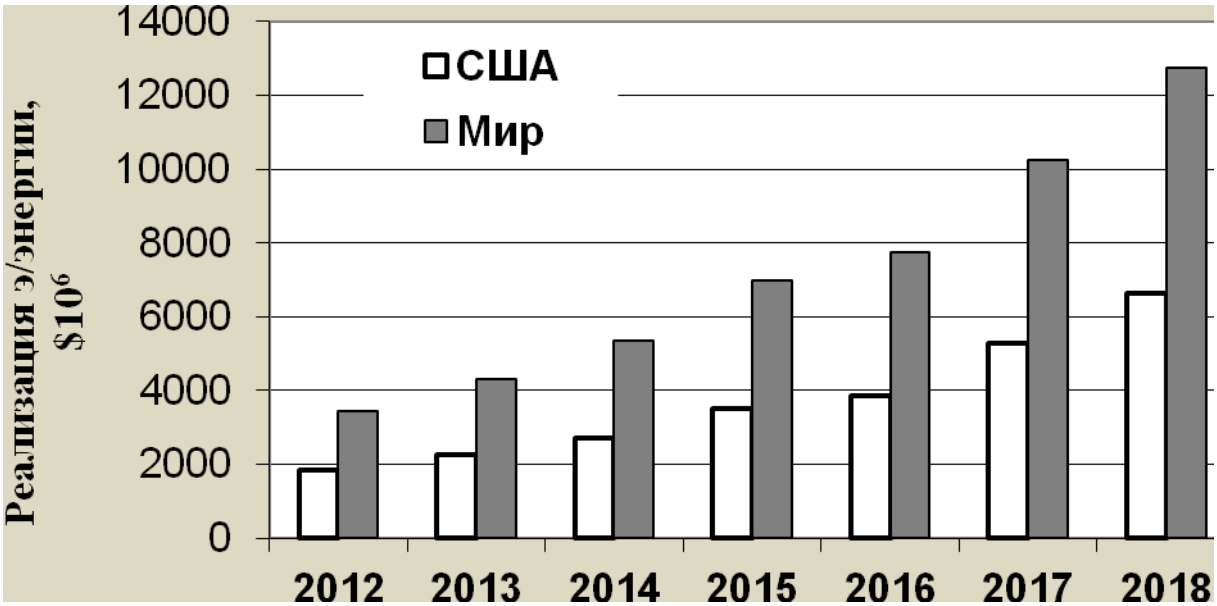


Рис. 2. Прогноз роста реализации электроэнергии микросетями в США и в мире

На рис. 2 показан прогноз роста реализации электросетями, как видно из графика предполагается рост к 2018 году в 3 – 4 раза. Средняя годовая выработка электроэнергии микросетями к 2014 г. на 1 жителя в США составит 5,7 кВт·ч в год, а к 2018 году 35 кВт·ч в год.

Что собою представляет распределённая сеть? По своей структуре состоит из энергетических компаний и распределительных сетей, а по составу это энергетический центр, имеющий электрогенератор, воздушные или кабельные линии электропередач, трансформаторные подстанции, распределительные узлы и приборы учёта, посредством которых вырабатывается и передается на реализацию электроэнергия потребителям. Эта сеть охватывает определённый территориальный район с одним или несколькими населёнными пунктами. Мощность сети разнообразная, от нескольких сот киловатт, до сотен мегаватт.

Содержание

Россия, в техническом отношении, на несколько лет отстаёт от передовых стран, но неуклонно двигается в том же направлении. Следовательно, можно предположить, что настанет время бурного развития микросетей и у нас. В сельских поселениях, где будут организованы микросети, появится огромное количество солнечных крыш, ветроагрегатов небольшой мощности, на фермах агропромышленных комплексов и фермерских хозяйств возникнут биогазовые установки, в лесах заработают парогенераторы, на малых реках построят микро ГЭС. Микросети перейдут в режим самодостаточности и будут сами полностью обеспечивать своих потребителей.

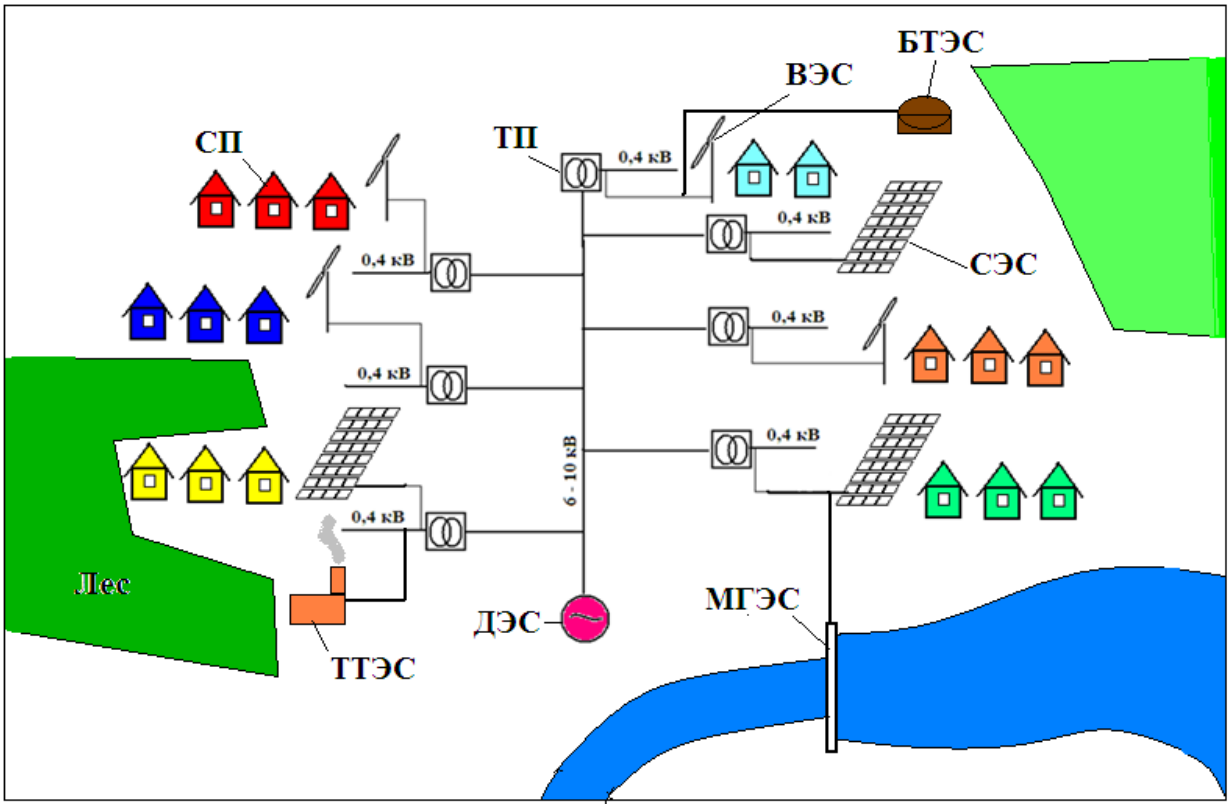


Рис. 3. Схема электроснабжения будущих распределительных сетей в сельских районах: *СП – сельское поселение; ВЭС – ветроэлектростанция; СЭС – солнечная электростанция; ДЭС – дизельная электростанция; МГЭС – микро гидроэлектростанция; ТТЭС – твердотопливная электростанция; БТЭС – биотопливная электростанция; ТП – трансформаторная подстанция*

Если доля реализации ВИЭ превысит 25…30%, то рентабельность всей распределённой сети достигнет критического уровня, они будут вынуждены увеличивать тарифы, от этого реализация электроэнергии будет неуклонно падать, и возможно сведётся к минимуму. Генерирующий центр, по стоимости электроэнергии, не сможет конкурировать с почти бесплатной энергией микросетей. Наступит всеобщий кризис, так как микросети ещё не достигнут уровня энергетической безопасности, а сети, из-за низкой рентабельности уже не смогут существовать.

Последствия малоутешительны. Огромное количество специалистов энергетиков могут остаться без работы, линии электропередач, трансформа-

Содержание

торные подстанции и остальное электротехническое оборудование могут стать не востребованы, а тем временем большая часть населения, неся непомерные затраты, будет приобретать собственное генерирующее оборудование и организовывать микросети.

Как избежать подобного сценария. Уже сегодня необходимо подумать о надвигающейся угрозе. Рост тарифов на электроэнергию, пока ещё сдерживаемых государством, делает не конкурентной нашу продукцию. Нам постоянно говорят, что грядёт реформа энергетического комплекса, и цены отпустят. В настоящее время дизельная электростанция из одного литра топлива вырабатывает 2…3 кВт·ч электроэнергии. Стоимость дизельного топлива 32 руб./л. Отсюда, стоимость электроэнергии составляет 11…16 руб/кВт·ч. Естественно, что такая стоимость электроэнергии будет губительна для сельскохозяйственного производителя и для большинства сельского населения. Генерирующим предприятиям необходимо отказаться от дорогого и удобного углеводородного сырья и изыскать возможность перейти на другие, более дешёвые энергоносители.

Микросети в своем составе имеют генераторы солнечной, ветряной, гидро, биотопливной энергии. Солнечная и ветряная энергия не стабильна во времени, энергия малых рек зависит от наличия рек на данной территории и скорости течения у них, биотопливные станции затратны. Что, по стоимости, может конкурировать с возобновляемыми источниками энергии. Только такие же возобновляемые источники, но более высокого уровня. Тоже бесплатные, но более надёжные, работающие постоянно в любое время суток, в любое время года и на всей территории России.

К таким возобновляемой источникам энергии относится петротермальная энергия, т.е. тепло заключённое в сухих глубинных слоях земной коры. Идею использования энергии Земли высказывал Э.К. Циолковский в 1914 году [1]. Опыт многих странах мира использования петротермальных теплоносителей показывают, что в благоприятных условиях они оказываются в 2 – 5 раз выгоднее тепловых и атомных энергостанций. Петротермальная энергия, это стабильный, энергоёмкий, чистый и практически неисчерпаемый источник тепловой энергии. На глубине до 4…6 км пароды с температурой 300…400ºС можно встретить лишь вблизи молодых вулканов, а горячие породы с температурой 100…150°С распространены на этих глубинах повсеместно, а с температурой 180…200°С на довольно значительной части России.

Технологии извлечения тепла из горячих сухих подземных коллекторов получили название «Hot Dry Rock (HDR) технологии». В настоящее время Петротермальные электростанции существуют во многих странах мира, Франции более 60 станций, США 224 станции [2], Германии, Англии, Австралии и др. [3].

Для надежного обеспечения турбин ПетроЭС паром, необходима температура пород до 250ºС. При градиенте температур 2,5ºС/100 м, для этого должны быть сооружены скважины глубиной до 10 км.

Содержание

Однако, применительно для всей территории нашей страны, глубина скважин для нужд теплоснабжения ЖКХ лежит в пределах 3…4,5 км и не превышает 5…6 км, а для электроэнергии в широких масштабах, потребуется создание циркуляционных систем со скважинами на глубине 7…9 км.

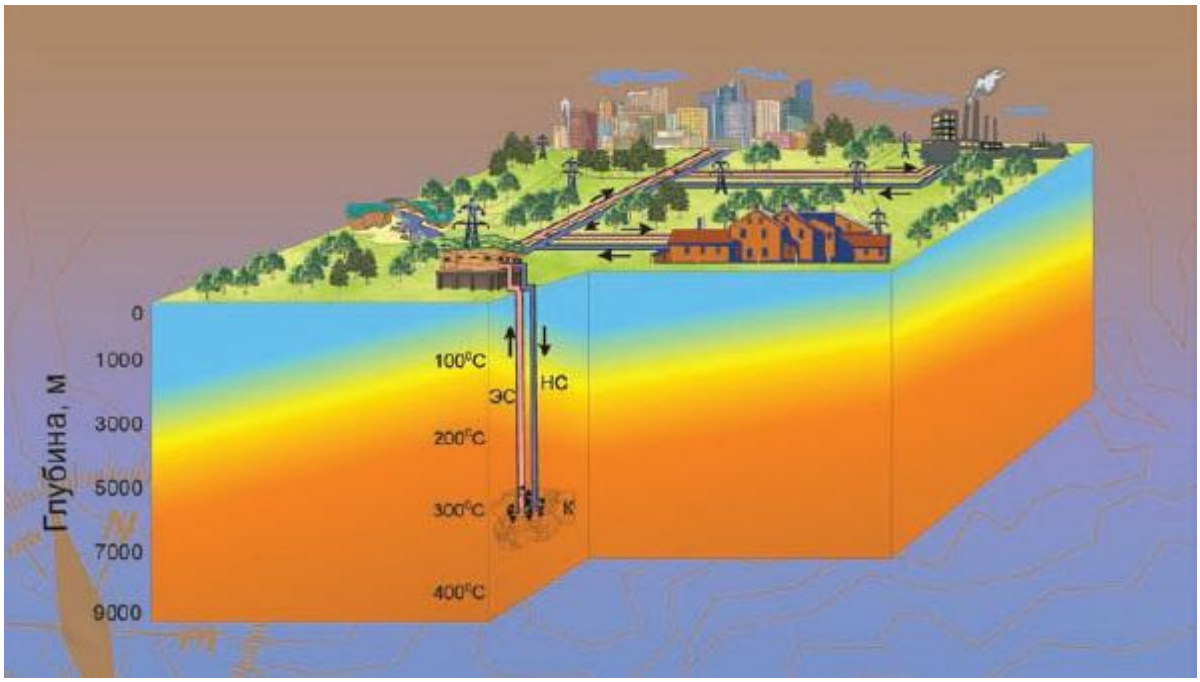


Рис.4. Схема выработки электроэнергии, тепла и их поставки потребителю. (Источник: http://www.holidays.aterix.ru/netradicionnye_istochniki_energii/geotermalnaya_energiya)

Современная технология добычи тепла следующая, бурятся две соединяющиеся внизу между собою скважины, как показано на рисунке 4. В одну закачивается вода, на глубине она нагревается, превращаясь в пар, который по другой скважине поднимается на поверхность и используется для отопления, а при достаточной температуре – для привода турбин электрогенераторов. Однако, такой метод добычи теплоносителя, не всегда эффективен, так как подаваемая вода напрямую контактирует с глубинными породами при перетоке из одной скважины в другую. Из-за этого срок работы скважин может не превышать 10 лет. К тому же, вымываемые минеральные соли могут достигать концентрации 40 гр. на литр, что затруднит дальнейшее использование теплоносителя.

В отделе возобновляемых источников энергии ГНУ ВИЭСХ разработан метод бесконтактного отбора теплоты теплоносителем. Предлагается до глубины 2,5…3 км, вместо скважин, разрабатывать технологический туннель наклонного исполнения. На глубине 2,5…3,0 км, устраивается машинный зал и устанавливается генерирующее оборудование, Предположительная температура породы на этой глубине составит 100ºС. С учетом устройства теплоизоляции контура зала, и подачи необходимой порции наружного воздуха, температура в зале не должна превышать 22…25ºС. Из машинного зала бурятся скважины, до слоёв с температурой породы 150ºС, для подогрева теп-

Содержание

лоносителя на нужды теплоснабжения, и до слоёв с температурой породы 250ºС, для привода электрогенераторов. В скважины зопускаются подающий и обратный трубопроводы с теплообменниками в нижней точке. Затем, скважина заливается раствором, имеющим высокую теплопроводность (рис. 5).

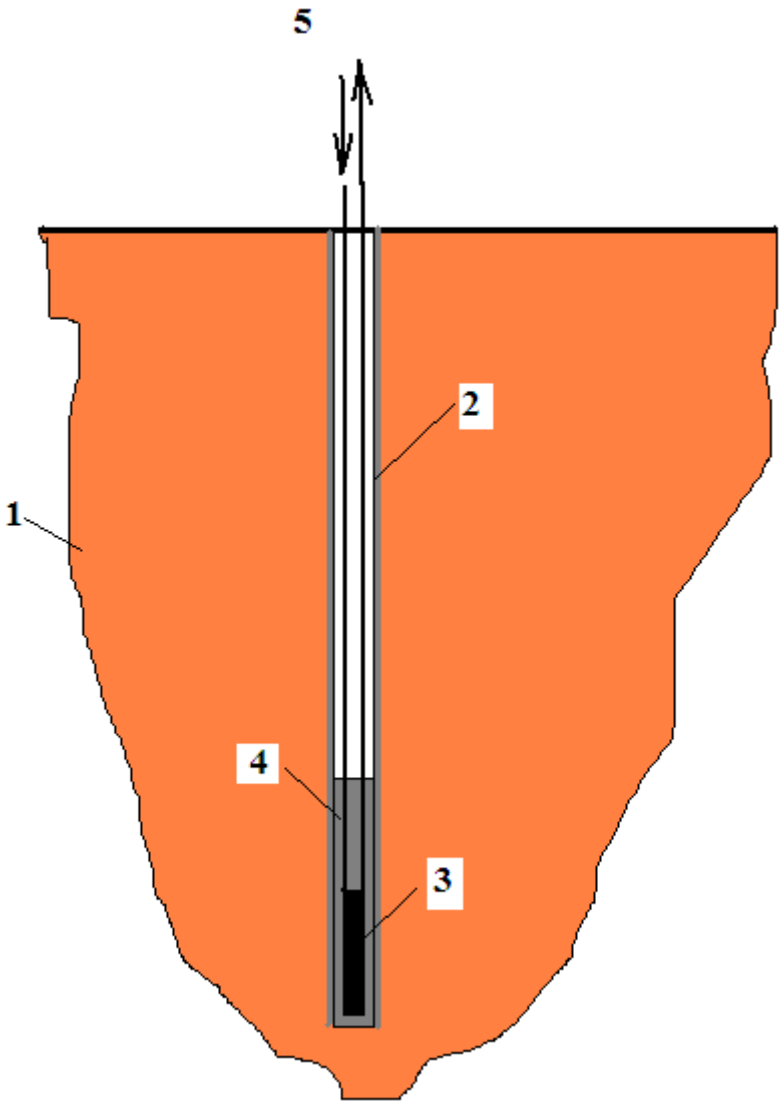


Рис. 5. Бесконтактный метод теплообмена: *1 – порода; 2 – скважина; 3 – теплообменник; 4 – раствор с высокой теплопроводностью; 5 – подающий и обратный вводы трубопроводов*

Современные методы разработки породы позволяют пройти буровым снарядам диаметром 100 см расстояние 4,5…5,0 км за несколько недель.

Содержание

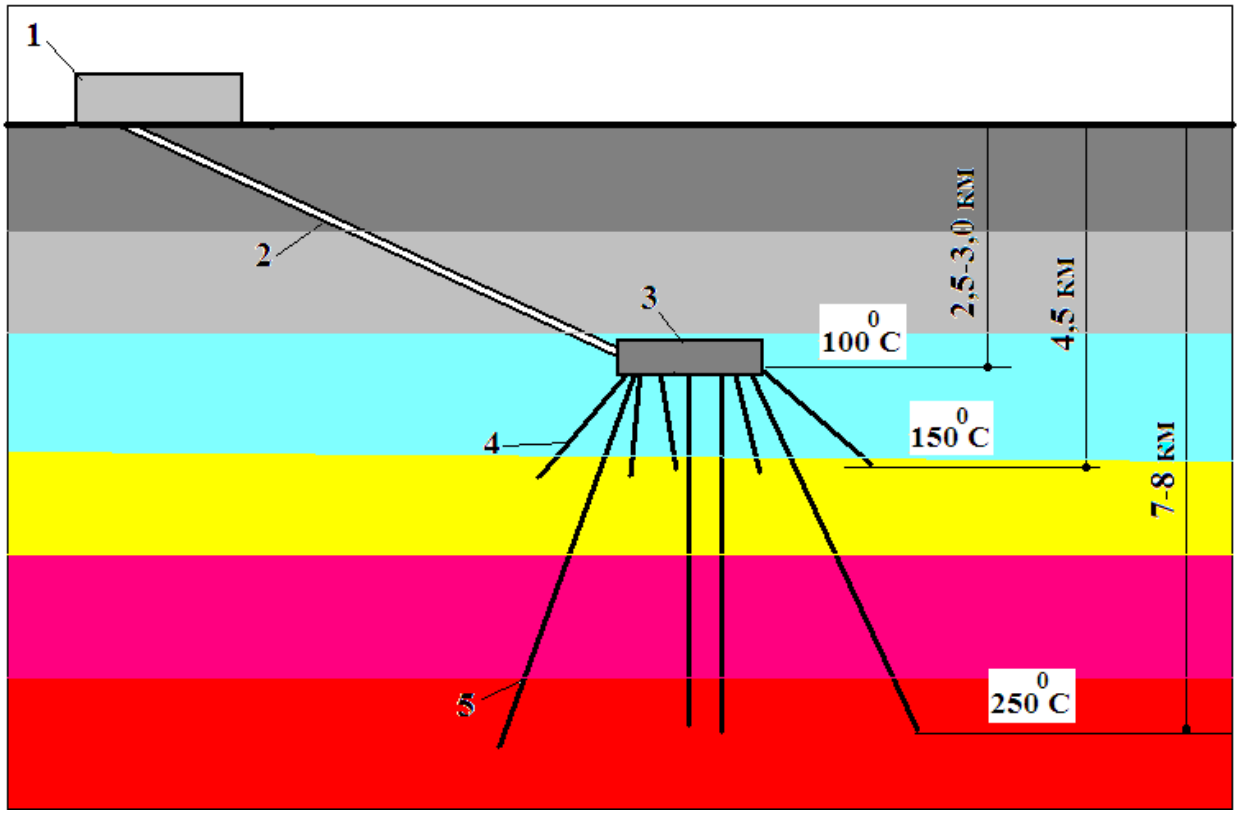


Рис. 5. Предлагаемая схема устройства ПТЭС: *1 – распределительный зал; 2 – туннель; 3 – машинный зал; 4 – скважины теплоснабжения; 5 – скважины для электрогенераторов*

В машинном зале расположены парогенераторы для выработки электроэнергии, коллекторы сбора и подачи теплоносителя для теплоснабжения ЖКХ и сбора пара для электрогенераторов, помещения для персонала.

Наклонный тоннель обеспечивает более лёгкий доступ в машинный зал. В нем расположены вентиляционные воздуховоды, подающие и обратные, трубопроводы для подачи и отвода технологической воды, транспортная магистраль, кабели различного назначения.

В распределительном зале расположены вентиляционные системы, транспортные механизмы, системы распределения теплоносителя и электроэнергии.

Из распределительного зала в машинный зал подаётся вода, которая распределяется на два потока, один нагревается до перегретого состояния 150ºС скважинами расположенными на глубине 4,5 км и поднимается на поверхность для нужд ЖКХ, другой закачивается в скважины глубиной 7…8 км, для получения перегретого пара Т = 250ºС, необходимого для привода турбин электрогенераторов. Отработанным турбинами паром можно производить догрев теплоносителя для теплоснабжения ЖКХ.

Выводы

1. Петротермальная энергия это неисчерпаемый возобновляемый источник тепловой энергии, способный заменить углеводородное топливо.

Содержание

2. Петротермальные электростанции это когенерационые системы с высоким КПД.

3. Размещение ПТЭС возможно в любой точке России.

4. Замена ДЭС на ПТЭС это самый эффективный вариант для развития распределённой энергетики.

Список литературы

1. Э.К. Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, Типография С.А. Семёнова, 1914 г.
2. Дядькин Ю.Д. Геотермальная теплофизика.С-Пб. 1993.С 255.
3. http://knowledge.allbest.ru/physics/3c0b65625b2bd68b5c43a 89421316d36_0.html

Содержание

УДК 636.2.3:637.116

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕМБРАНЫ РЕГУЛЯТОРА ВАКУУМА ДЛЯ АДАПТИВНОЙ САУ ДОЕНИЯ

***А.А. Машлякевич**, асп., ФГБОУ ВПО АЧГАА, Зерноград*

Обоснование выбора датчика контроля перемещения мембраны регулятора вакуума для адаптивной САУ доения

***Ключевые слова:** регулятор, вакуум, доильный стакан, адаптивная, САУ доения, датчик, контроль перемещения, емкостный преобразователя, напряжение.*

Justification of the choice of the sensor motion control membrane for vacuum regulator for the adapting automatic control system of pipeline milking.

***Keywords:** regulator, vacuum, teat cup, adapting, automatic control system of pipeline, sensor, motion control, capacitive transducer, voltage.*

Большинство существующих доильных аппаратов, применяемых в автоматизированных доильных установках, не учитывает полностью физиологию процесса отдачи коровой молока, что приводит к сокращению удоев и заболеванием маститами животных. Эту проблему может решить система управления процессом доения, способная приспособиться к каждой доли вымени животного в различный период лактации.

Для создания такой адаптивной САУ доением разработана структурная модель процесса доения коров, на основании которой сформулированы требования к исполнительному органу – регулятору вакуума подсоскового пространства доильного стакана (рис. 1) /1, 2/ – конструкция должна быть простой, а также должна обеспечить отсутствие контакта между датчиком и молоком.

При экспериментальных исследованиях динамических характеристик регулятора вакуума в подсосковом пространстве доильного стакана адаптивной САУ доения, принципиальная схема которого показана на рисунке 1, необходимо получать информацию о перемещении мембраны, разделяющей молочную и управляющую камеры. Априорные исследования статических характеристик регулятора доказали возможность использования контроля для оценки интенсивности молоковыведения, поскольку на значительной части расходной характеристики (рис. 2), зависимость перемещения мембраны от расхода жидкости в молочной камере представляет собой линейную функцию.

Содержание

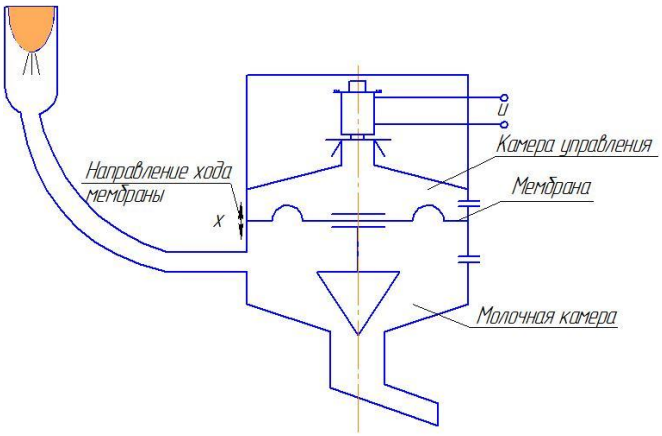


Рис. 1. Принципиальная схема регулятора вакуума доильного стакана

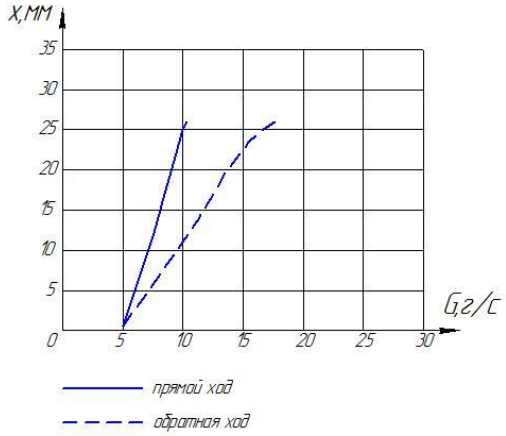


Рис. 2. Зависимость перемещения мембраны от расхода

Регулятор вакуума совмещён с коллектором доильного аппарата, в связи с этим датчик контроля перемещения мембраны должен быть малогабаритным, а также не должен взаимодействовать с молоком в коллекторе.

С целью выбора принципа действия датчика были проанализированы различные способы контроля перемещения. На основании изложенных требований была составлена классификация датчиков перемещения, которые могли бы быть использованы в регуляторе подобного типа для бесконтактного контроля перемещений мембраны, приведенная на рис. 3.

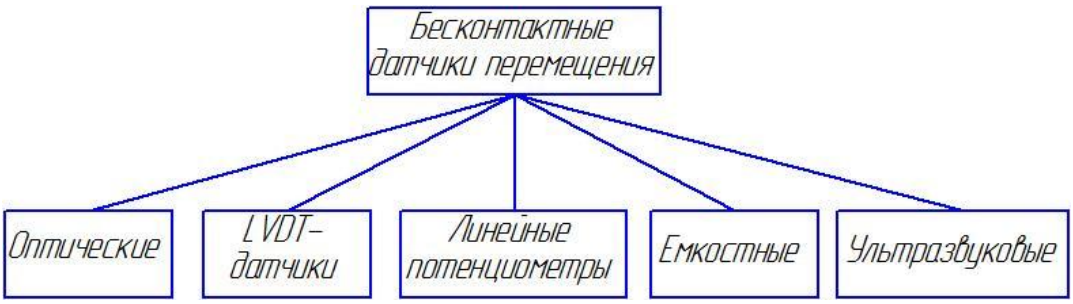


Рис. 3. Классификация бесконтактных датчиков перемещения

В основу работы оптического датчика положен принцип оптической триангуляции. Излучение полупроводникового источника света фокусируется объективом на объекте измерения. Рассеянное на объекте излучение объ-

Содержание

ективом собирается на фотоэлементе, после чего микроконтроллер рассчитывает расстояние до объекта по величине сигнала от фотоэлемента. Другим способом использования оптического излучения датчики с вычислительной основой функции времени, в этом случае микроконтроллер вычисляет время возвращения сигнала от объекта контроля и по этим данным рассчитывается расстояние /3/.

Главным достоинством оптического датчика является высокая точность и быстродействие, кроме того на выходе сигнал от световоспринимающего элемента имеет форму постоянного напряжения, что упрощает его обработку микроконтроллером.

Существенным недостатком оптического датчика, затрудняющим его использование в управляющей камере регулятора вакуума, является проблема установки внутри камеры отражающего элемента, обеспечивающего точный угол преломления на всём диапазоне ходе мембраны. Что касается датчиков, вычисляющих время, то в связи с незначительными величинами хода мембраны и габаритными размерами управляющей камеры регулятора вакуума существует большая вероятность получения недостоверной информации о перемещении мембраны.

Линейный потенциометр в своей основе имеет электрический контур, содержащий потенциометр. Линейное перемещение объекта приводит к изменению сопротивления потенциометра. Если через потенциометр пропускать постоянный ток, то падение напряжения на нём будет пропорционально величине сопротивления, и, следовательно, величине линейного перемещения интересующего объекта /4/.

Достоинством этого типа датчиков является простота в работе. Недостатками его являются большие габариты, которые не позволят его использовать в производственных условиях молочно-товарной фермы.

Индуктивные линейные преобразователи (LVDT-датчики). Принцип действия датчиков перемещения LVDT основан на индуктивном преобразовании механического движения в электрический сигнал /4/.

Достоинством данного датчика является малый габарит, что позволяет его установить в управляющей камере регулятора.

Существенными его недостатками являются высокая стоимость, наведение достаточно мощного магнитного поля, которое может повлиять на качество молока.

Ультразвуковые датчики излучают короткие высокочастотные звуковые импульсы определённого интервала. Они распространяются в воздухе со скоростью звука. При встрече с объектом, звуковая волна отражается от него в качестве эха.

Достоинством данного вида датчиков является способность обнаружения объектов вне зависимости от их цвета, толщины и отсутствие влияния запылённости воздуха на качество ультразвукового отражения.

Существенными недостатками этого вида датчиков являются наличие слепой зоны, которая составляет в среднем 20…30 мм, а так же сложностью обработки сигнала при давлении воздуха ниже атмосферного.

Содержание

Емкостный датчик – измерительный преобразователь неэлектрических величин (уровня жидкости, механические усилия, давления, влажности и др.) в значения электрической ёмкости. Емкостные датчики обладают целым рядом преимуществ по сравнению с датчиками других типов, к их достоинствам относятся: простота изготовления, использование недорогих материалов для производства; малые габариты и вес; низкое потребление энергии; высокая чувствительность; долгий срок эксплуатации. Немаловажным качеством использования емкостного датчика в управляющей камере регулятора вакуума является малая величина механического усилия, необходимого для перемещения его подвижной части, позволит использовать его не только для контроля хода мембраны, а в перспективе в качестве датчика расхода молока.

К недостаткам емкостных датчиков следует отнести: небольшой коэффициент передачи; высокие требования к экранированию электрического поля; необходимость работы на повышенной частоте /7/.

Вследствие проведённого анализа наиболее распространённых способов измерения перемещения для измерения перемещения мембраны принимаем емкостной датчик, поскольку его можно разместить непосредственно внутри управляющей камеры (рис. 4). Для устранения недостатков предлагается в качестве экрана использовать корпус регулятора вакуума. Для увеличения коэффициента преобразования использовать в качестве источника питания высокочастотный генератор с частотой 1,5…3 МГц; добавочный резистор, включённый последовательно с датчиком, экранированные коаксиальный кабель и витую пару. Функциональная схема экспериментальной установки, для градуировки емкостного датчика представлена на рис. 5.

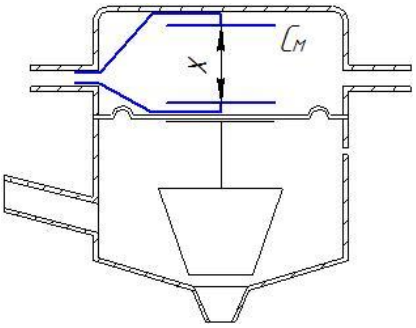


Рис. 4. Схема размещения емкостного датчика внутри управляющей камеры

Рис. 5. Функциональная схема экспериментальный установки

На основании проведённых исследований были получены зависимости напряжений на ёмкости U_c и добавочном резисторе U_r от величины перемещения мембраны x, которая необходима для градуирования емкостного датчика (рис. 6, 7).

Содержание

Полученные данные указывают на наличие линейных участков на кривых, что позволяет использовать емкостный преобразователь внутри управляющей камеры регулятора вакуума в производственных условиях.

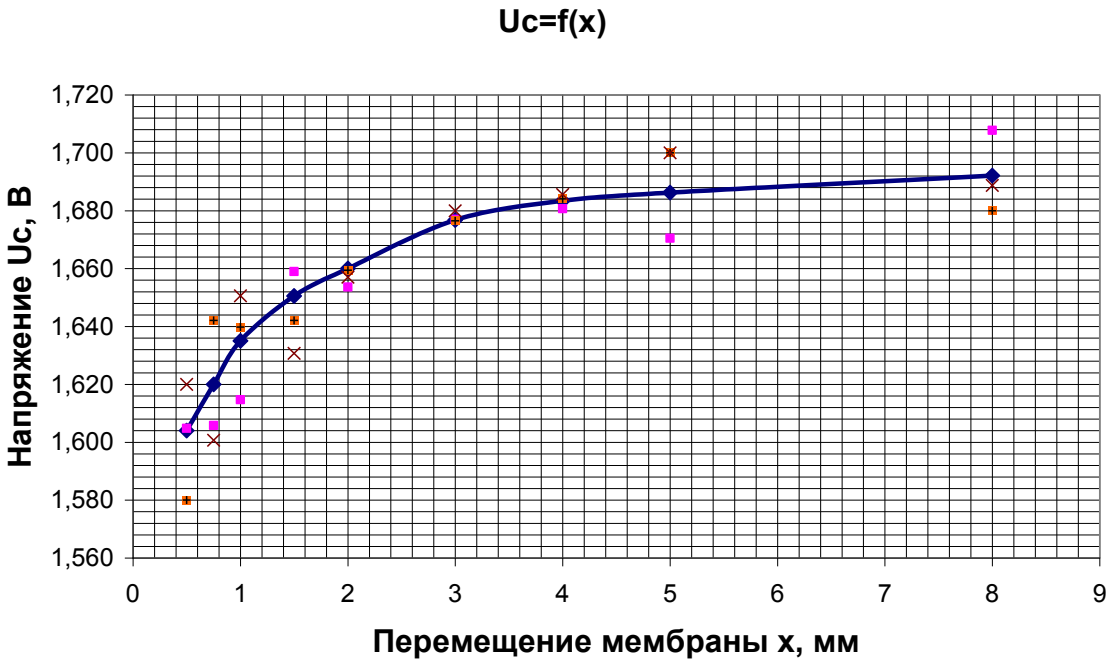


Рис. 6. Зависимость напряжения на ёмкости U_c от величины перемещении мембраны x, экспериментальные данные

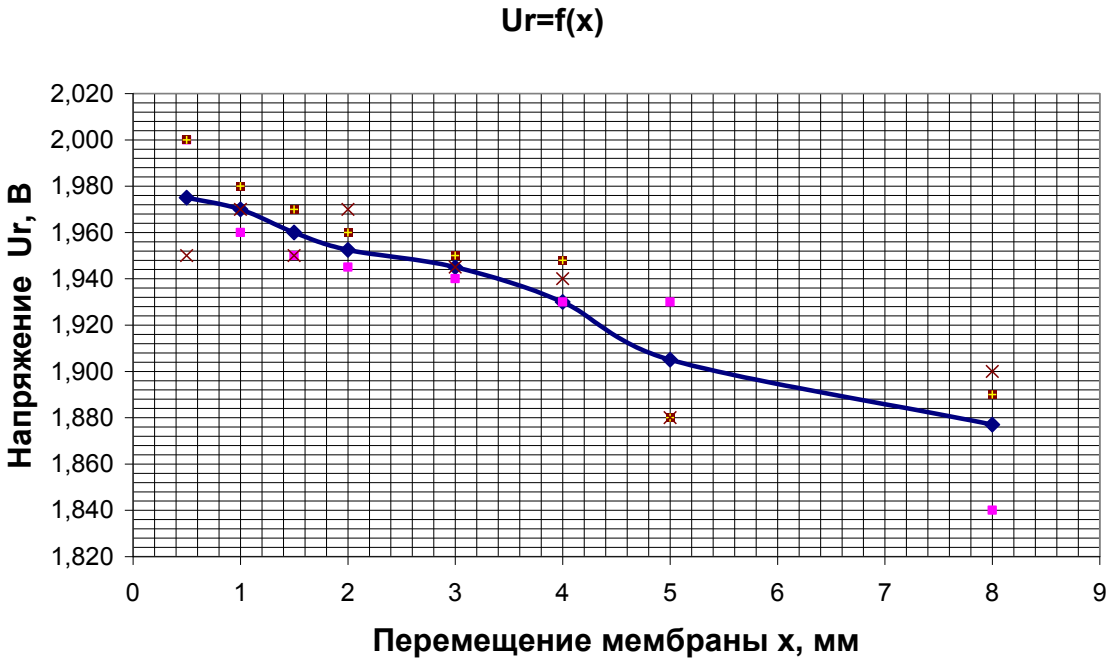


Рис. 7. Зависимость напряжения на добавочном резисторе U_r от величины перемещения мембраны x, экспериментальные данные

Список литературы

1. Моделирование средствами МВТУ биологической части объекта управления автоматизированной системы управления процессом доения коров / О.Б. Забродина, А.А. Машлякевич, М.Ю. Матвейкин // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: сборник научных тру-

Содержание

дов по материалам всероссийской научно-практической конференции СтГАУ. – Ставрополь, 2012.
2. Автоматизированная адаптивная система управления процессом доения коров/ А.А. Машлякевич, М.Ю. Матвейкин// Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих: Збірник наукових праць XIII науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 14-17 травня 2013 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2013.
3. Официальный интернет сайт компании Zetlab [Электронный ресурс]/Режим доступа. http://www.zetlab.ru/catalog/vibrodats/datch_shift_optic.php.
4. Официальный интернет сайт компании Device search [Электронный ресурс]/Режим доступа. http://www.devicesearch.ru/article/3648.
5. Официальный интернет компании Sensor-systems solutions [Электронный ресурс]/Режим доступа. http://www.sensor-systems.ru/category_28.html.
6. Каталог продукции компании КИП-сервис. Ультразвуковые датчики.
7. Официальный интернет сайт компании Малахит [Электронный ресурс]/Режим доступа. http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/124-2011-05-11-05-17-15.html.

Содержание

УДК 631.53.027.3:633.16

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

***А.К. Джанибеков**, инж., **А.Н. Васильев**, д-р техн. наук, профессор,*
ГНУ ВИЭСХ, Москва

Улучшение посевных качеств семян является актуальной задачей, решение которой позволяет значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. В статье показано, что использование ионов азота для предпосевной обработки даёт положительный эффект. Выдвинута гипотеза, что в качестве воздействующего фактора на семена могут быть использованы аэроионы и ионы выбиваемые из материалов при расположении их в поле коронного разряда.

***Ключевые слова:** семена, предпосевная обработка, всхожесть, вентилирование, ионы, электрон, коронный разряд, вторичная эмиссия.*

Enriching of sowing qualities of seeds is the actual problem which decision allows to raise productivity of agricultural crops considerably. In article it is shown that use of ions of nitrogen for preseeding processing yields a positive effect. The hypothesis is put forward that as the attacking factor on seeds aeroions and ions beaten out of stuffs can be used at their locating in the field of corona discharge.

***Keywords:** seeds, preseeding processing, germinating capacity, venting, ions, an electron, corona discharge, the secondary issue.*

Опыт использования физических воздействий при предпосевной обработке семян доказывает их высокую эффективность. Все физические воздействия дают прибавку урожая 5…20% при правильном выборе дозы воздействия. При этом производительность установок составляет от 5 до 30 т/ч. Такие установки окупаются в течение одного сезона.

Тем не менее, широкого распространения в сельскохозяйственной практике эти методы не получили. Во многом этому препятствует то обстоятельство, что отсутствует единая теория, объясняющая влияние различных видов воздействия на посевные качества семян и последующее развитие растений.

Здесь практически не исследованными остаются вопросы о влиянии среды обработки (кроме озона) и влиянии способов предпосевной обработки на развитие растений, полученных из обработанных семян. Для решения этой проблемы необходимы не только лабораторные эксперименты, но хорошо спланированные полевые эксперименты по выявлению специфических реакций растений на различные способы предпосевной обработки их семян.

Несмотря на общность влияния физических воздействий на семена можно предположить, что разные виды и дозы физических воздействий в различной степени влияют на посевные качества семян, но, что немаловажно, на развитие растений, полученных из таких семян.

В электротехнологии на протяжении многих лет исследовались различные способы предпосевной обработки семян: водородно-плазменная обработка; магнитное поле; ЭМП постоянного тока и промышленной частоты; ЭМП СВЧ; ЭМП коронного разряда; видимое, УФ и ИК излучения; электростатическое поле; γ-облучение; ультразвук; электроактивированная вода; ак-

Содержание

тивное вентилирование подогретым воздухом; активное вентилирование электроактивированным воздухом (ЭАВ).

У всех перечисленных выше способов есть свои достоинства и недостатки, однако последний заслуживает особого внимания, по крайней мере, по двум причинам.

Во-первых, предложенные рядом авторов установки для предпосевной обработки с целью обеспечения высокой производительности имеют режимы обработки с малым временем воздействия и предельной (высокой) интенсивностью воздействующего фактора, так называемые «жесткие» режимы. Более «мягкие» режимы возможно реализовать в установках активного вентилирования зерна, где обрабатываются одновременно большие массы зерна, что позволяет значительно увеличить время обработки и снизить интенсивность воздействия, не снижая производительности установки.

Во-вторых, в нашей стране исследовались процессы сушки и предпосевной обработки семян. В результате разработаны установки для электроактивации воздуха, которые возможно использовать совместно со стандартными промышленными установками активного вентилирования зерна [1].

Большое внимание уделялось и уделяется исследованию влияния озона на обрабатываемые семена. Однако воздействия озона на обрабатываемые семена противоречиво: с одной стороны озон ингибирует дыхание семян, что снижает интенсивность обменных процессов в семени, с другой стороны он стимулирует биологические (посевные) качества.

При этом мало внимания уделялось ипользованию другой среды обработки, хотя к этому есть определенные предпосылки.

Сравнительные опыты по электрической обработке зерна ионами азота, кислорода и воздуха, проведенные В.И.Нечаевым и Ф.Я Изаковым [2] в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства показали, что наибольшее стимулирующее воздействие на урожай пшеницы и его структуру было отмечено для случая обработки зерна ионами азота. В таблице приведены данные этих исследований.

Из таблицы видно, что положительный результат дала обработка во всех газовых средах. Наибольший эффект наблюдался в азоте. Это позволяет предположить, что эффект стимуляции вызывают отрицательные ионы азота.

Зависимость урожая и его структуры от среды, в которой находится зерно во время обработки

Среда	Весенне-летняя выживаемость в % к контролю	Продуктивность одного растения в % к контролю	Абсолютный вес, г	Средний урожай, ц/га
Воздух (без обработки)	100	100	26,1	20,6
Ионы азота	113,7	120,2	27,9	29,8
Ионы кислорода	97,6	102,2	25,8	22,2

Данные результаты подтверждаются исследованиями, проведенными в Ленинградском сельскохозяйственном институте В.Я. Компанейцем и М.Л. Федосеевой [3]. Они проводили обработку зерна азотом в электрическом по-

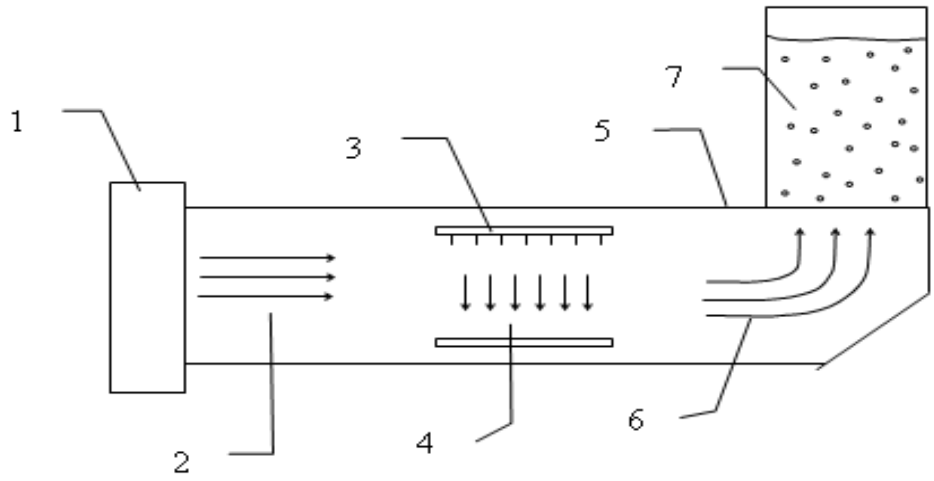
Содержание

ле при малом давлении, способствующем образованию атомарного азота, а также Г.В. Пономаревым [4], изучавшим влияние форм азота на проявление радиобиологических эффектов после обработки семян быстрыми нейтронами.

Таким образом, можно предположить, что различные виды аэроионов оказывают стимулирующее воздействие на биологические свойства зерна в разной степени.

Однако, используемые ранее способы получения аэроинов различных видов, являются довольно трудоемкими и дорогостоящими, поэтому не получили практического применения.

Более просто можно получать различные виды аэроионов, выбивая их из разного рода твердых тел под действием электронов, ионов и метастабильных атомов, которые, в свою очередь, можно легко получать в электроразрядах. На рисунке приведена функционально-технологическая схема установки для обработки зерна вторичными аэроионами.



Функционально-технологическая схема установки для обработки зерна аэроионами различных видов:

1 – электровентилятор; 5 – воздуховод; 2 – поток воздуха; 6 – поток аэроионов; 3 – ионизатор; 7 – бункер с зерном; 4 – поддон с материалом, из которого выбивают аэроионы

Установка работает следующим образом: поток атмосферного воздуха *2* от электровентилятора *1* проходит сквозь межэлектродный промежуток между ионизатором *3* и поддоном *4*, насыщаясь ионами, выбитыми из поверхности материала, помещенного в поддон. Далее поток аэроионов *6* движется по воздуховоду *5* к бункеру с зерном *7* и, проходя через зерновой слой, воздействует на семена.

Используемый в данной установке коронный разряд, характеризуется сравнительно небольшой плотностью тока, невысокой температурой газа в зоне разряда и возможностью создавать разряды при давлениях до атмосферного и выше. Однако, не смотря на малую мощность, коронный разряд способен вызывать распад молекул. Причем по данным Д.Н. Андреева [5], с увеличением времени пребывания вещества в зоне разряда, а также мощности разряда, этот распад усиливается.

Содержание

Исследования, проведенные американским ученым А. Энгелем [6], показали, что величина коэффициента вторичной эмиссии зависит не только от энергии первичных электронов, но и значительной степени от вида бомбардируемого материала. Причем больший выход вторичных электронов наблюдается у изоляторов. Это объясняется тем, что при прохождении вторичным электроном первой зоны проводимости он может быть захвачен на один из ее уровней. А так как потенциал этого уровня может быть равен или даже выше потенциала поверхностного барьера, то вероятность вылета электрона оказывается большой.

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- среда, в которой обрабатывается зерно, влияет на эффективность такой обработки;

- наиболее просто и дешево можно получать требуемый вид аэроиона, используя электроразряды, в частности, коронный разряд;

- при выборе материала для получения вторичных разных видов аэроионов следует учитывать, что коэффициент вторичной эмиссии у изоляторов выше, чем у проводников. Для грубых поверхностей коэффициент вторичной эмиссии также увеличивается.

Список литературы

1. Васильев, А.Н. Электротехнология и управление в реализации адаптивных режимов предпосевной обработки зерна активным вентилированием [Текст] / А.Н. Васильев, А.Ф. Кононенко – Ростов-на-Дону, Терра-Принт. 2008. – 191 с.

2. Нечаев, В.И. К вопросу о влиянии потока ионов на биологические качества семян [Текст] / В.И. Нечаев, Ф.Я. Изаков //Вопросы механизации и электрификации сельского хозяйства, вып.41. – Челябинск, 1969. С. 36-42.

3. Компанеец, В.Я., Влияние предпосевных воздействий электрическими разрядами на семена сельскохозяйственных культур. [Текст] / В.Я. Компанеец, М.Л.Федосеева// Записки Ленинградского сельскохозяйственного института. – Л.: Издательство ЛСХИ, Т.12, 1956. С. 44-49.

4. Пономарев, Г.В. Влияние форм азота на проявление радиобиологических эффектов после обработки семян быстрыми нейтронами. [Текст] / Г.В. Пономарёв //Радиобиология – М.: вып.8, №12, 1986. С. 18-24.

5. Андреев, Д.Н. Органический синтез в электрических разрядах. [Текст] / Д.Н. Андреев – М.-Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1953. – 335 с.

6. Энгель, А. Ионизированные газы. [Текст] / А. Энгель – М: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 332 с.

Содержание

УДК 631.36-52

ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

***О.В. Северинов**, **А.С. Галов**, инженеры, **А.Н. Васильев**, д-р техн. наук, проф.*

При сушке активным вентилированием зерна большой влажности наблюдается значительная длительность процесса и неравномерность высыхания плотного слоя зерна. Чтобы повысить эффективность сушки предложено совершенствование управления процессом активного вентилирования, что позволит оптимизировать скорость сушки без изменения конструкции бункера. Установлено, что для совершенствования управления необходимо разработать математическую модель процесса, в основу которой могут быть положены передаточные функции элементарного слоя зерна.

***Ключевые слова:** зерно, активное вентилирование, элементарный слой, толстый слой, тепло - влагообмен, моделирование, передаточная функция, агент сушки, влажность, температура, вентилятор, калорифер.*

At drying by awake venting of grain of the big humidity significant duration of process and non-uniformity of drying of a dense bed of grain is observed. To raise efficacy of drying perfection of process control of awake venting that will allow to optimise speed of drying without change of a design of the bunker is offered. It is positioned that it is necessary to develop a process mathematical model in which basis transmitting functions of elementary bed of grain can be put for control perfection.

***Keywords:** grain, awake venting, elementary bed, a heavy film, heat - moisture exchange, modelling, transmitting function, the agent of drying, humidity, temperature, the fan, a heater.*

Установки активного вентилирования могут быть использованы для промежуточного хранения и подсушки зерна влажностью 16…18%, также, при необходимости, для сушки влажного зерна. Поскольку в установках активного вентилирования зерно сушится в толстом, неподвижном слое, то наблюдается существенная неравномерность высыхания зерна в процессе вентилирования. Сначала высыхают слои зерна расположенные ближе к центральному воздуховоду (для бункеров активного вентилирования типа БВ-40), затем зона сушки движется по слою к внешней стенке цилиндра. Для высыхания всего слоя зерна может потребоваться несколько десятков часов. Ускорить процесс сушки, возможно уменьшив толщину слоя, или усовершенствовав управление. Уменьшение толщины слоя требует изменений конструкции бункера, а совершенствование управления позволит использовать стандартное технологическое оборудование более эффективно. В этом случае речь может вестись об оптимальном управлении технологическим процессом.

Если необходимо сушить зерно высокой влажности (>20%), то оптимальное управление может вестись в соответствии с одним из двух критериев:

Содержание

- максимальная скорость сушки (минимальное время сушки τ) при ограничениях на энергозатраты:

$$dW/d\tau = f(W_0, Q, W_{р.}) \rightarrow max, \quad \text{при } P \leq P_{пред.},$$

где $dW/d\tau$ – скорость сушки, %/ч.; Q – производительность вентилятора, м^3/ч; P – энергозатраты на сушку; $P_{пред.}$ – предельные энергозатраты на сушку.

- минимальные энергозатраты при ограничении на время сушки:

$$P = f(W, Q, W_{р.}) \rightarrow min, \qquad \text{при } \tau \leq \tau_{пред.},$$

где $\tau_{пред.}$ – время, в течение которого зерно с исходной влажностью не потеряет своих товарных и семенных качеств, ч.

Для реализации оптимального управления необходимо иметь: регулируемый электропривод вентилятора калорифера; математическую модель тепловлагообмена в зерновом слое, позволяющую рассчитывать изменение параметров сушильного агента и зернового слоя; критериальное уравнение; граничные условия.

Математическая модель тепловлагообмена в зерновом слое должна описывать происходящие в слое процессы при изменении входных параметров агента сушки (температуры и относительной влажности) и при изменении его скорости.

Существующие математические модели процесса сушки зерна базируются на уравнении А.В. Лыкова [1] для продолжительности сушки и позволяют определить влажность зернового слоя при его сушке в различные моменты времени:

$$\tau = \frac{W_0 - W_{к.п.}}{N} + \frac{2{,}3}{K} \cdot Ln\left(\frac{W_{к.п.} - W_{Р.}}{W - W_{Р.}}\right),$$

где N – скорость сушки в первом периоде, %/мин.; K – коэффициент сушки, зависит от свойств материала и режима сушки, 1/мин.; $W_{к.п.}$ – приведенная критическая влажность.

В.В. Красниковым разработан, а В.И.Зеленко [2] усовершенствован метод обобщенной кривой сушки для плотного слоя. Он позволяет с помощью одной экспериментальной кривой сушки для конкретного материала расчетным путем построить кривую сушки для этого материала при других исходных данных зернового слоя (начальной влажности и толщине) и сушильного агента (температуре, влажности, массовой скорости). Например, если для конкретного материала (пшеницы, ячменя, кукурузы и т.п.) известны величины N, K, $W_{кп}$, $W_р$, W_0, определяющие экспериментальную кривую сушки, полученную при известных значениях L, ε, M, где L – массовая скорость агента сушки, кг/м^2·с; ε – потенциал сушки, ºС; M – нагрузка на решетку воз-

душного канала в единицах массы по абсолютно сухому материалу, кг/м^2, то можно рассчитать N_1, K_1, $W_{кп1}$ и построить кривую сушки для заданных значений L_1, ε_1, M_1, $W_{p.1}$, W_{01}:

$$N_1 = N \cdot \frac{L_1 \varepsilon_1 M}{L \varepsilon M_1};\ W_{к.п.1} = \left(W_{к.п.} - W_{p.}\right) \cdot \frac{L_1 M}{L M_1} + W_{p.1};\qquad K_1 = K \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}.$$

Для анализа распределения влажности по толщине слоя в зависимости от времени сушки, когда зона сушки находится внутри слоя, может быть использовано выражение [2]:

$$W = W_{p.} + \left(W_0 - W_{p.}\right) \cdot \frac{H - X}{H} + \frac{W_0 - W_{p.}}{H \cdot h} \cdot \int_0^h z dz,$$

где H – толщина зернового слоя, м.; h – высота зоны сушки, м.; X – координата по толщине зернового слоя; z – расстояние в пределах слоя между границами зоны сушки.

Величина зоны сушки и скорость ее перемещения пропорциональны скорости агента сушки. Следовательно, при изменении L в процессе сушки меняются и толщина и скорость перемещения зоны сушки. В результате расчет влажности по толщине слоя становится затруднительным, поскольку расчетный слой может не только «смещаться» по зоне сушки, но и «выходить» за ее пределы. Поэтому приведенное выше выражение для расчета становится неприемлемым. Кроме этого, для продолжения расчета сушки с новой скоростью воздуха необходимо запомнить текущее значение влажности зерна, которое в последующем будет использовано как W_0. Это в свою очередь требует деления зернового слоя по толщине на «элементарные» слои. При этом толщина «элементарного» слоя должна быть такой, чтобы обеспечивалась минимальная погрешность расчетов процесса тепло-влагообмена при изменении скорости агента сушки.

Результаты работ [3] показывают, что использование методики ступенчатого расчета [4], при изменении $T_н$, $F_н$, V, возможно, но моделировать процесс сушки, при изменении скорости фильтрации воздуха в большом диапазоне с переменным шагом дискретности, весьма затруднительно. Поэтому предложено выполнить моделирование процесса тепло-влагообмена с помощью набора передаточных функций.

Гирник Н.Л. [5] и Гуляев Г.А. [6] получали передаточные функции бункеров активного вентилирования как объекта с распределенными параметрами:

$$W_{\varphi w}(p) = \frac{k_{\varphi w} \ell^{-\tau_{\varphi w} \cdot p}}{T_{2\varphi w p^2}^2 + T_{1\varphi w} + 1},$$

Содержание

где $W_{\varphi w}(p)$ – передаточная функция бункера как объекта управления по влажности (w) зерна по каналу управления (относительная влажность воздуха φ – влажность зерна w); $k_{\varphi w}$, $T_{2\varphi w}$, $T_{1\varphi w}$ – соответственно передаточный коэффициент и постоянные времени; $\tau_{\varphi w}$ – время запаздывания.

По данным [5] для слоев, близких к воздухораспределительному каналу, $T_{1\varphi w}$ = 15,5…33,6 ч; $T_{2\varphi w}$ = 4,5…6,6 ч; $\tau_{\varphi w}$ = 0,2…0,4 ч, для слоев, близких к внешнему цилиндру бункера $T_{1\varphi w}$ = 45…130 ч; $T_{2\varphi w}$ = 15…83 ч; $\tau_{\varphi w}$ = 0,6…0,8 ч.

Такая неравномерность обусловлена большим разбросом величины скорости сушильного агента V как по толщине слоя, так и по высоте бункера активного вентилирования. Изменение величины подачи Q теплоносителя, а следовательно, и его скорости V, приведет к изменению величин передаточных коэффициентов и постоянных времени. Поэтому использование данных [5, 6] для моделирования процессов тепловлагообмена в плотном слое бункеров активного вентилирования с изменяющимися параметрами воздуха ($T_н$, $F_н$, V), затруднительно.

Представляется целесообразным использовать методику разделения толстого слоя на элементарные и описать динамические свойства толстого слоя с помощью передаточных функций элементарного слоя. Согласно [4], таким считается слой, в котором на весовую единицу зерна приходится 1,7 кг/мин сухого сушильного агента. Количество элементарных слоев определяют как:

$$n = \frac{1{,}7 l \gamma_{з.н}}{60 V \gamma_в},$$

где $\gamma_{зн}$ – объемная масса насыпи зерна, кг/м^3 (для пшеницы $\gamma_{зн}$ = 784); $\gamma_в$ – удельный (объемный) вес воздуха, кг/м^3.

Как уже отмечалось, скорость фильтрации воздуха в зерновом слое изменяется от $V_{вх}$ = 0,7 м/с до $V_{вых}$ = 0,1 м/с, при этом среднелогарифмическое значение скорости равно $V_{ср}$ = 0,31 м/с, а эквивалентное $V_{экв}$ = 0,2325 м/с.

Рассчитаем количество элементарных слоев при данных скоростях: $n_{вх}$ = 32; $n_{вых}$ = 222; $n_{ср}$ = 72; $n_{экв}$ = 96. При этом толщина элементарного слоя будет:

$$l_1 = 3{,}75 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \; l_2 = 5{,}405 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \; l_3 = 1{,}667 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \; l_4 = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Расчеты показывают, что определение количества элементарных слоев является важным моментом. В последующем это будет влиять на точность расчетов. Необходимо отметить, что существуют различные точки зрения на определение элементарного слоя. Так в [7] элементарным слоем называют слой толщиной в одно зерно. Зеленко В.И. [2] высказал предположение, что элементарным может считаться слой, скорость сушки в котором определяется, главным образом, градиентом влагосодержания.

Содержание

С соответствии с изложенным, примем в качестве базовой толщину слоя при наименьшей скорости фильтрации воздуха через него $V = 0{,}1$ м/с. С учетом округлений:

$$l_{эс} = 0{,}0054 \text{ м} = 5{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

где $l_{эс}$ – толщина элементарного слоя.

Таким образом, плотный слой $l = 1{,}2$ оказывается разделенным на 222 элементарных слоя. Эти элементарные слои могут быть объединены в группы без ущерба для точности расчета.

Чтобы модель элементарного слоя могла быть использована для моделирования тепловлагообмена в толстом слое, необходимо, чтобы в ней было отражено изменение основных «движущих» параметров процесса сушки – $T_{вых}$, $F_{вых}$, где $T_{вых}$, $F_{вых}$ – температура и влажность воздуха на выходе из зернового слоя. Кроме этого, должны быть: параметры атмосферного воздуха $T_н$, $F_н$; параметры зернового слоя $W_и$, $\theta_н$.

Выводы:

- совершенствование управления процессом сушки зерна активным вентилированием позволит оптимизировать скорость сушки без изменения конструкции бункера;

- для совершенствования управления необходимо разработать математическую модель процесса, в основу которой могут быть положены передаточные функции элементарного слоя зерна.

Список литературы

1. Лыков, А.В. Теория сушки [Текст] / А.В. Лыков – М.: Энергии, 1968. – 472 с.

2. Зеленко, В.Н. Конвективная сушка сельскохозяйственных материалов в плотном слое. Основы теории [Текст] / В.Н. Зеленко.– Тверь, Тверское областное книжное издательство, 1988. – 96 с.

3. Васильев, А.Н. Построение математической модели процесса тепловлагообмена в зерновом слое [Текст] / А.Н. Васильев, Н.М. Удинцова// Сб. науч. тр. ВНИПТИМЭСХ/Результаты исследований и производственной проверки малозатратных технологий и технических средств для возделывания зерновызревающих культур в условиях засушливого земледелия – Зерноград, ВНИПТИМЭСХ, 1999., С. 233-238.

4. Методические рекомендации по математическому моделированию процесса сушки и охлаждения зерна в установках плотного слоя [Текст] / А.В. Демин. – М.: ВИЭСХ, 1977. – 42 с.

5. Гирник, Н.Л. Автоматическое регулирование процесса активного вентилирования зерна [Текст] / Гирник Николай Лукич.: автореферат дисс. канд. техн. наук. – М.: 1968.

6. Гуляев, Г.А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна [Текст] / Г.А. Гуляев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.

7. Баум, А.Е. Сушка зерна [Текст] / А.Е. Баум, В.А. Резчиков. – М.: Колос, 1983. – 223с.

Содержание

УДК 631.563.2:51

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ЗЕРНОВОГО СЛОЯ В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА СВЧ

***Д.А. Будников**, асп., ГНУ ВИЭСХ, Москва*

Статья описывает процесс моделирования распространения ЭМП и его поглащение материалом. Моделирование выполнено для материала разной влажности. На основе результатов моделирования сделаны выводы и определены направления дальнейших исследований.

***Ключевые слова:** зерно, СВЧ, моделирование, нагрев.*

This article describes the process of modeling of EMF and its swallowing by material. Simulations were performed for different material humidity. Based on the simulation results conclusions and directions for further research.

***Keywords:** grain, microwave, modeling, heat.*

В настоящее время большое внимание уделяется разработке способов комбинированных воздействий на сельскохозяйственные материалы. Так большое развитие получают установки СВЧ-конвективной сушки сельскохозяйственных материалов. В этих установках материал может передвигаться по транспортеру, либо вертикально под силой собственного веса, в некоторых случаях предусматривается затормаживание падающего зерна за счет наклонных стенок и соответственно сил рения, восходящим потоком воздуха, образуя псевдоожиженный слой, либо выгрузным устройством. Источники электромагнитного поля могут быть мощные 30, 50 и более кВт, однако в исследовательских работах чае встречаются установки, основанные на магнетронах небольшой мощности 0,75…1 кВт.

В предлагаемой работе изучалась установка на базе магнетронов мощностью 0,9 кВт при вертикальном движении зернового материала.

Для описания процессов тепло-влагопереноса в зерновом материале прежде необходимо знать то, как распространяется электромагнитное поле в материале, при этом поглощенная мощность (идущая на нагрев) может быть описана системой уравнений Максвелла. Их расчет обычно выполнялся методом конечных разностей во временной области (FDTD).

Базовый метод расчета в Microwave Studio – метод конечного интегрирования (FIT)– является методом пространственной дискретизации, в котором пространство задачи разбивается на дискретные ячейки (сетку). При этом в решающем устройстве реализуется метод конечных разностей во временной области (FDTD) как частный случай метода FIT. Очень важная особенность решения во временной области – пропорциональная зависимость

Содержание

требуемых вычислительных ресурсов от размеров структуры. В настоящее время, на современном персональном компьютере с помощью метода FDTD можно выполнить расчет структур с размером до нескольких десятков длин волн.

Для решения уравнений Максвелла численно определяется конечный объем, ограничивающий рассматриваемый объект. Он разбивается на малые параллелепипеды или тетраэдры, называемые ячейками сетки разбиения, затем на основе первичной сетки строится ортогональная вторичная сетка. Пространственная дискретизация уравнений Максвелла приводит к образованию двух ортогональных сеточных областей, где новые степени свободы представлены как интегральные величины [2].

Для изотропной среды в отсутствие магнитных токов основные уравнения Максвелла могут быть записаны в следующей форме:

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \nabla \times \vec{E} = 0\,,\ \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \nabla \times \vec{H} = \vec{J}\,,\ \vec{B} = \mu \vec{H}\,,\ \vec{D} = \varepsilon \vec{E}\,,$$

где $\vec{J}$ – вектор электрического тока; ε, μ – диэлектрическая и магнитная проницаемость среды; ∇ – векторный дифференциальный оператор.

Применив конечно-разностную аппроксимацию для условий декартовой системы координат можем получить зависимости, отвечающие условиям задачи распространения электромагнитных волн в материале [2]:

$$\frac{B_x^{n+1/2}(i,j+1/2,k+1/2) - B_x^{n-1/2}(i,j+1/2,k+1/2)}{\Delta t} =$$

$$\frac{E_y^n(i,j+1/2,k+1) - E_y^n(i,j+1/2,k)}{\Delta z} - \frac{E_z^n(i,j+1,k+1/2) - E_z^n(i,j,k+1/2)}{\Delta y}$$

$$\frac{D_x^n(i+1/2,j,k) - D_x^{n-1}(i+1/2,j,k)}{\Delta t} =$$

$$= \frac{H_z^{n-1/2}(i+1/2,j+1/2,k) - H_z^{n-1/2}(i+1/2,j-1/2,k)}{\Delta z} -$$

$$- \frac{H_z^{n-1/2}(i+1/2,j,k+1/2) - H_z^{n-1/2}(i+1/2,j,k-1/2)}{\Delta z} - J_x^{n-1/2}(i+1/2,j,k).$$

При этом значения компонент поля на каждом шаге находятся по значениям на предыдущих шагах.

В качестве источника тепла, идущего на нагрев зернового материала, приняты источники СВЧ-поля – магнетроны мощностью 0,9 кВт. Результаты моделирования распределения электрического и магнитного полей, а также температуры на поверхности радиаторов рассматриваемых магнетронов представлены на рис. 1 [6].

Так как температура зависит от времени, т.е. $T=f(x, y, z, \tau)$, то задача нахождения ее распределения является нестационарной. Поиск функции рас-

пределения $T(x, y, z, \tau)$ осуществляется путем решения уравнения теплопроводности, которое является математическим выражением закона сохранения энергии в твердом веществе.

В прямоугольной системе координат уравнение теплопроводности имеет вид [3]:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}+\frac{Q_v}{\lambda_T}=\frac{1}{\chi}\cdot\frac{\partial T}{\partial \tau},$$

где χ – коэффициент температуропроводности материала; Q_v – интенсивность тепловыделения в единице объема тела.

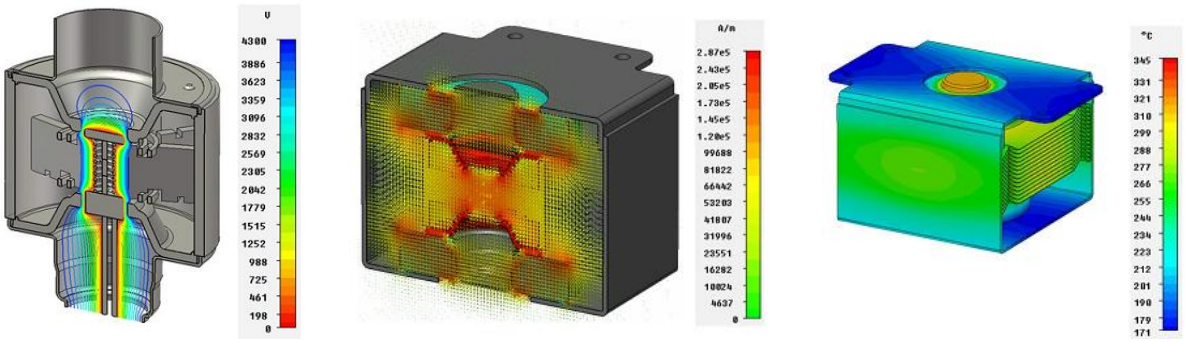


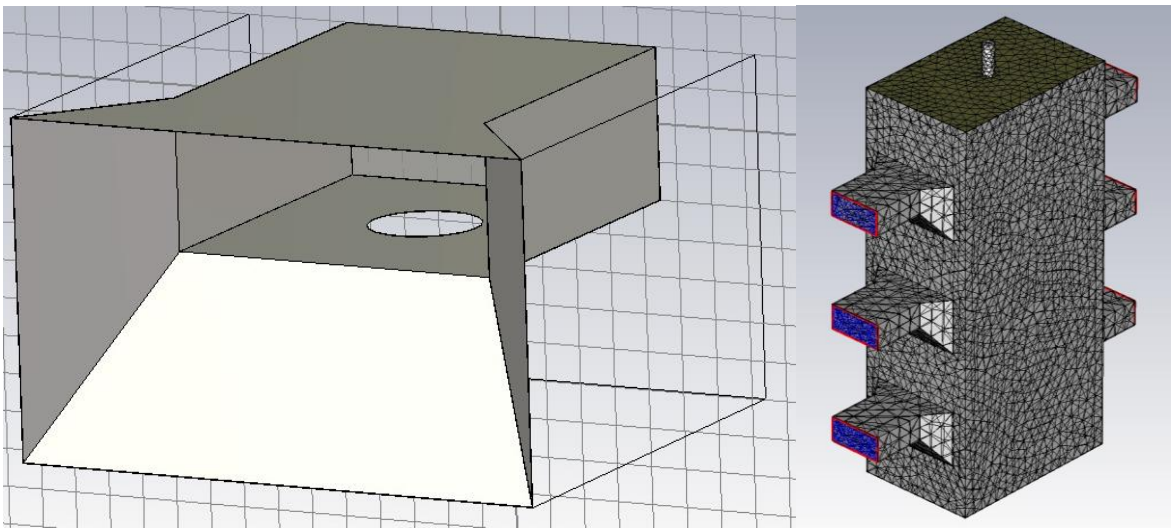
Рис. 1. Распределение: *а – электростатического потенциала; б – магнитостатического поля; в – температуры на поверхности работающего магнетрона*

Для произвольной системы координат уравнение может быть записано через оператор Лапласа:

$$\nabla^2 T+\frac{Q_v}{\lambda_T}=\frac{1}{\chi}\cdot\frac{\partial T}{\partial \tau},$$

На первом этапе моделирования создаем модель установки, включающей зону воздействия СВЧ поля, 6 волноводов, к которым в дальнейшем будут заданы источники поля. На рис. 2 показан вид волновода (а), применяемого нами в реальной установке и модуль СВЧ-обработки зернового материала (б).

Содержание



а б

Рис. 2. Трехмерная модель волновода и зоны, включающей 6 источников с поперечным сечением зоны 200×300 мм

Далее необходимо указать расположение и параметры источника поля и граничные условия для проведения дальнейшего расчета. Для этого также представлен ряд инструментов для наиболее точного получения картины, происходящей в устройстве (рис. 3).

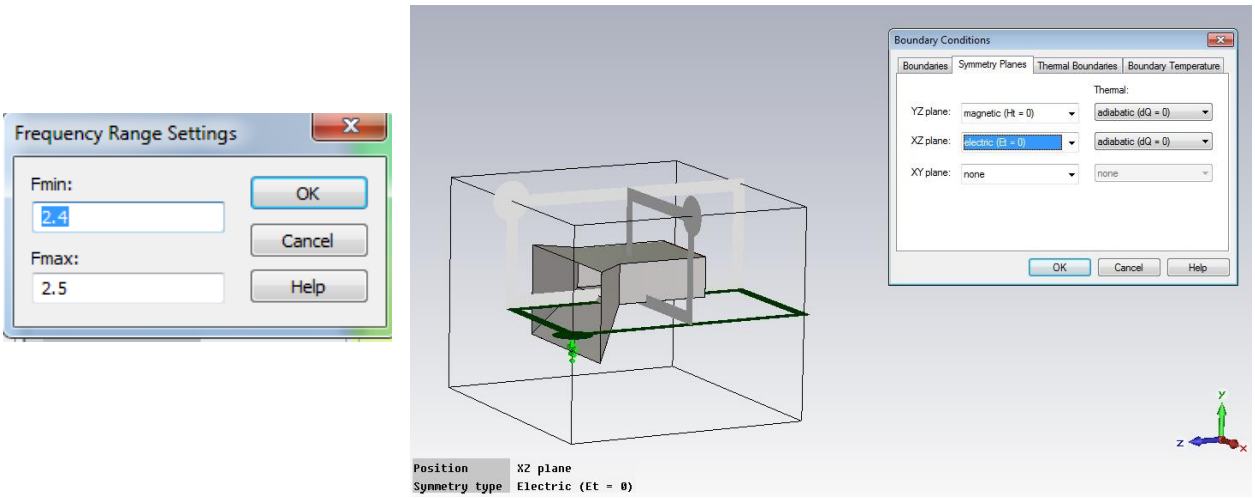


Рис. 3. Параметры поля источника и ограничения

Далее указываются параметры полей (мониторы), необходимые для дальнейшего расчета и визуального представления (рис. 4).

Содержание

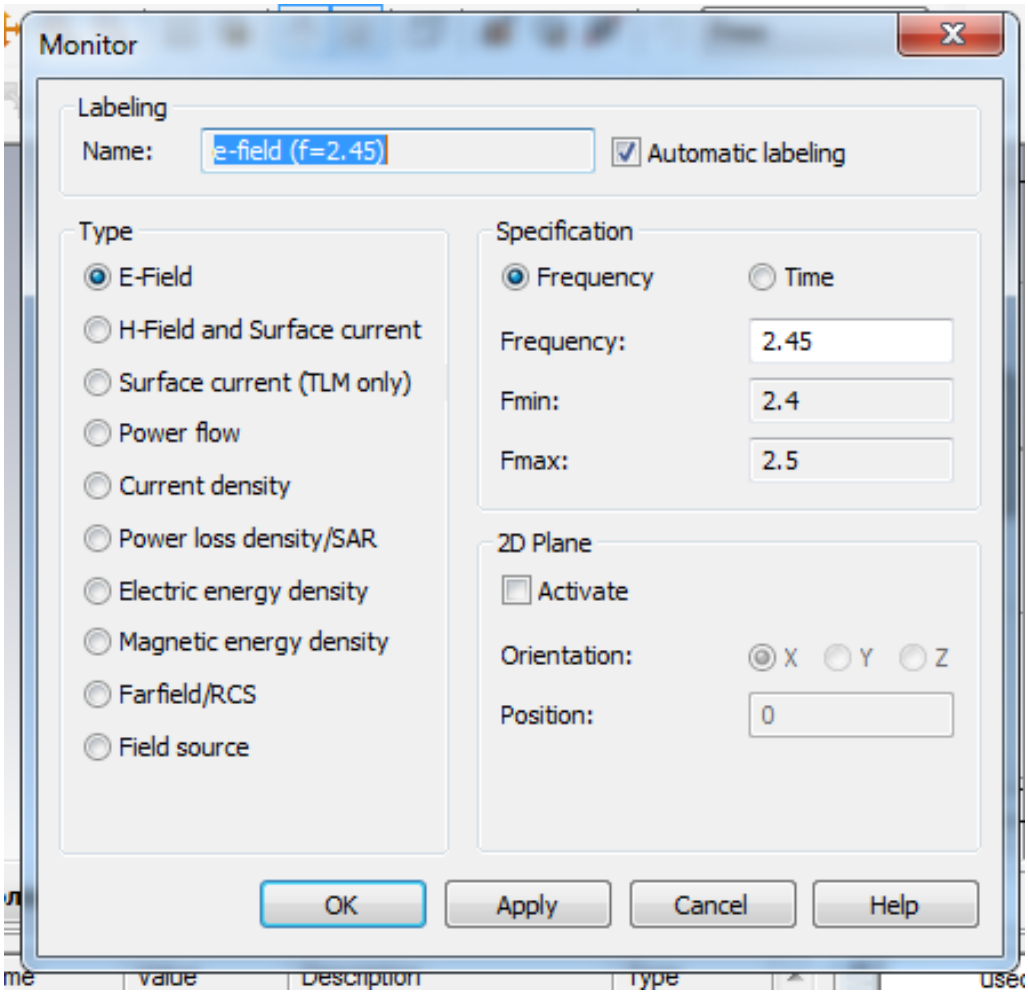


Рис. 4. Меню добавления рассчитываемых мониторов

В нашем случае выбираем расчет и визуализацию электрического(E-Field) и магнитного (H-Field) полей, потери мощность (Power loss) – мощность выделяемая в материале, а также пространственное представление СВЧ поля (Far Field). Далее ведется расчет на основе уравнений Максвелла для указанной модели, кроме того в зависимости от размеров разрабатываемого устройства могут быть использованы различные алгоритмы, рекомендованные в соответствии с размерами и назначением устройства.

При указании свойств материала, подвергающегося обработке нельзя забывать, что многие из входящих в зависимости величин зависимы как от влажности, так и от температуры. Это следует учитывать при моделировании процессов тепло-влагопереноса. В нашем случае это выражается в параметрическом вводе зависимых переменных. Окно ввода свойств материала представлено на рис. 5.

Содержание

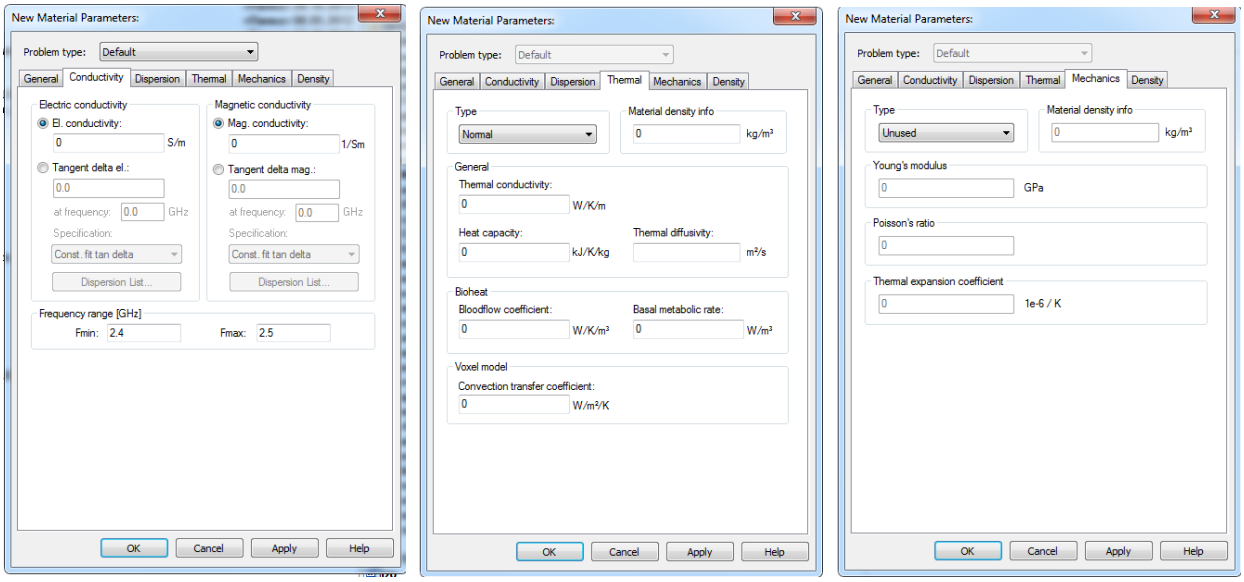
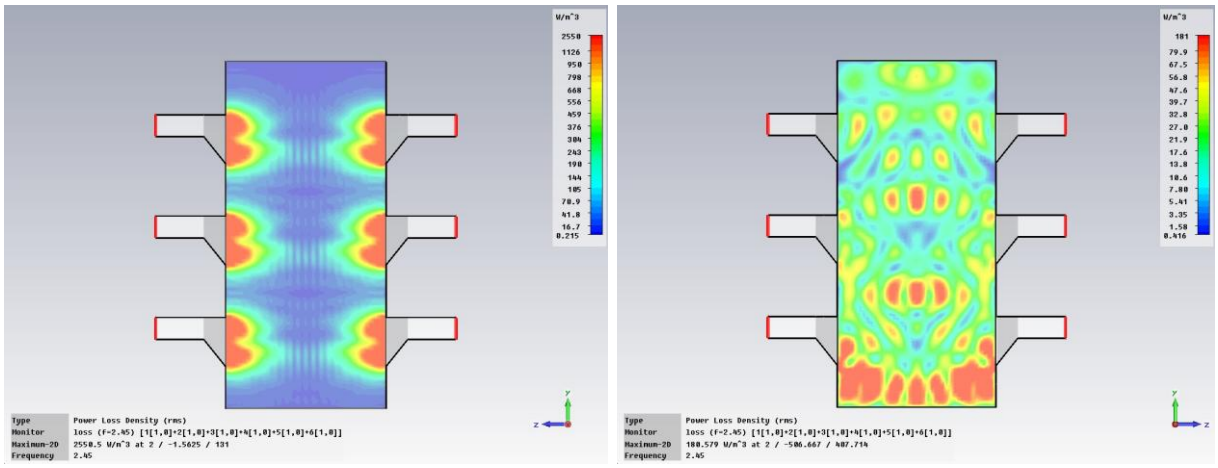


Рис. 5. Ввод свойств материала

Моделирование производилось для материалов, соответствующих своими свойствами зерну пшеницы влажностью 24 и 14%. Полученное при этом распределение выделяемой мощности, пропорционально соответствующие температуре нагрева материала, в зерновом слое активной зоны выглядит следующим образом (рис. 6):



а б

Рис. 6. Выделение мощности электромагнитного поля частотой 2450 Гц, при влажности материала: *а – 24%, б – 14%*

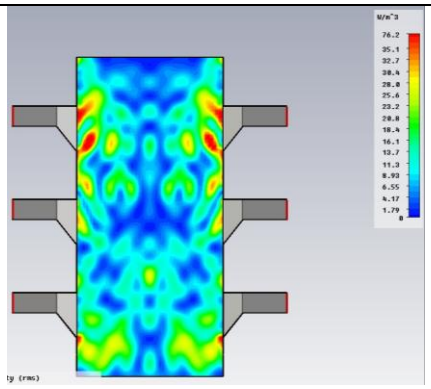
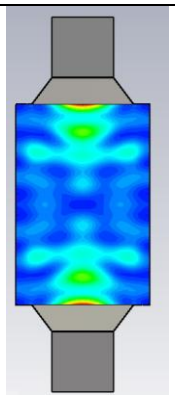
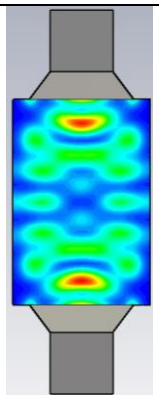
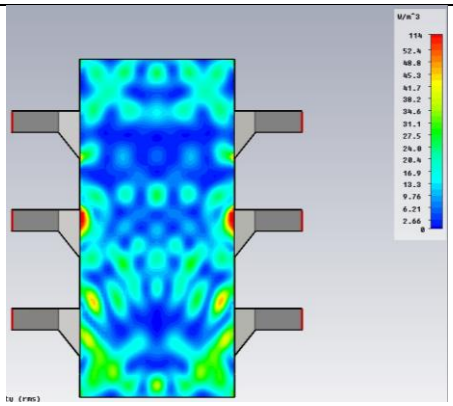
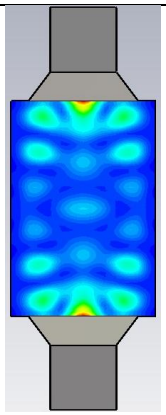
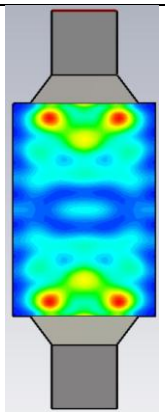
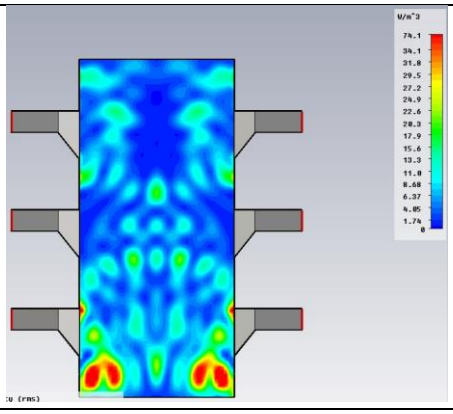
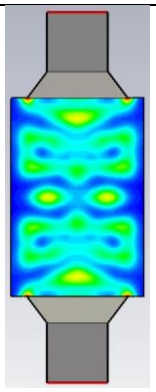
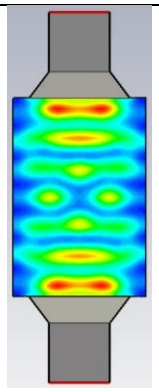
Из визуального представления поля в материале явно видно, что в материале высокой начальной влажности происходит существенное выделение мощности в местах подключения волноводов, при этом существенная доля продукта не подвергается воздействию вовсе. Это говорит о то, что при работе с материалом высокой влажности часть зерна, подвергшаяся диэлектрическому нагреву будет незначительной по отношению общего объема материа-

Содержание

ла. Температура же зерновой массы для подобной установки будет крайне неравномерной, так ближайший слой за 40…60 секунд воздействия может разогреется до температуры близкой к 90…100°С, а в центральной зоне, т.е. на удалении 150 мм от магнетронов останется неизменной, т.е. равной начальной температуре материала.

В таблице приведены данные о распространение мощности, выделяемой в материале при работе части магнетронов, соответствующих определенному уровню, а также при работе всех источников ЭМП.

Нагрев пшеницы при влажности 14%

	Разрез, вид сбоку	Включенные магнетроны разрез, вид сверху	
		уровень	все
1 уровень			
2 уровень			
3 уровень			

Содержание

При низкой влажности происходит проникновение электромагнитного поля в материал с последующим переотражением. В этом случае плотность электромагнитнго поля в нижней части зоны СВЧ воздействия существенно выше верхних уровней. Как видно из спектрограммы, мощности, поглощаемые при этом материалом, существенно ниже, чем в случае влажного материала, однако и распространение волны по зоне воздействия носит существенно более равномерный характер. Характер поглощения материалом электромагнитного поля обеспечивает «медленный» нагрев материала, что предотвращает повреждения материала, а также обеспечивает увеличение температуры зерна на выходе из зоны на 10…20°С при времени нахождения в зоне 40…60 с. Такой разогрев обеспечивает более интенсивную влагоотдачу при конвективном способе подвода агента сушки.

Так производительность процессов сушки при $T<T_{кип}$ может быть существенно увеличена, если в установке применять конвективный массообмен, выражающийся в продувании сухого воздуха над поверхностью жидкости, или уменьшить атмосферное давление до состояния $T=T_{кип}$.

В качестве направлений дальнейших исследований на основе проводимого моделирования можно выделить следующие:

1. Проверка результатов моделирования на экспериментальном образце модуля.
2. Внесение конструктивных изменений в модуль СВЧ-конвективной обработки.
3. Разработка на базе испытанного экспериментального образца промышленного.
4. Разработка методики определения необходимого количества модулей и структуры их построения в зависимости от проводимого процесса, а так же требуемой производительности.
5. Построение на основе модулей оборудования с заданными характеристиками (влагосъем, производительность и т.д.), для проверки масштабируемости результатов испытания одного модуля.

Список литературы

1. Yunyang Wang Review of dielectric drying of foods and agricultural products/ Yunyang Wang, Yuanrui Li, Shaojin Wang, Li Zhang, Mengxiang Gao, Juming Tang // Int J Agric & Biol Eng Open Access at http://www.ijabe.org Vol. 4 No.1

2. Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio / А.А. Курушин, А.Н. Пластиков – М. Издательство МЭИ, 2010, 160 стр.

3. Диденко А.Н. СВЧ-энергетика: Теория и практика / А.Н. Диденко; Отв. Ред. Я.Б. Данилевич. – М.: Наука, 2003. – 446 с. – ISBN 5-02-002869-X.

Содержание

4. Собенин Н.П., Лалаян М.В., Гусарова М.А. Практикум по курсу «Тех ника СВЧ» [текст]. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 128 с.
5. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ: Учеб. Для вузов по спец. «Электронные приборы и устройства». –М.: Высш.шк., 1990 – 335 с.: ил.
6. .www.cst.com – сайт компании CST - разработчика программы Microwave Studio.
7. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика для пользователей САПР, 2009. Электронная книга, издание ИРЭ АН, http://jre.cplire.ru/jre/library/.
8. Зайцев К.А. Проектирование СВЧ устройств на примере резонатора многолучевого клистрона с помощью программы CST MICROWAVE STUDIO // К.А. Зайцев, Д.Н. Ечин, П.Н. Захаров, С.А. Марченко, В.М. Пикунов / IV Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь» – ИРЭ РАН, 29 ноября -3 декабря 2010 г. с. 610-614.

Содержание

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ УФ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

***Юферев Л.Ю.**, канд. техн. наук, доцент, **Алферова Л.К.**, канд. техн. наук, **Юферева А.А.**, инж., ГНУ ВИЭСХ, Москва*

Для обеззараживания сельскохозяйственных помещений разработаны УФ облучатели на основе ламп нового поколения, имеющие повышенную эффективность.

Ключевые слова: УФ облучатель, обеззараживание, сельскохозяйственное помещение.

For disinfection of agricultural premises designed UV-irradiators on the basis of the lamps of new generation with high efficiency.

Keywords: UV irradiation, disinfection, agricultural premises.

Особенностью обеззараживания воздуха в птицеводческих помещениях является необходимость проведения его в присутствии животных. К дезинфицирующим средствам в этом случае предъявляются следующие основные требования: они обязаны обладать сильным бактерицидным действием; должны быть безвредны для людей и животных даже при длительном использовании; не должны загрязнять окружающую среду, вызывать коррозию металла, выводить из строя оборудование; применение их должно быть рентабельно и технологично. Всем этим требованиям удовлетворяет способ электрофизического облучения воздуха коротковолновым УФ излучением.

Ультрафиолетовые лучи (далее УФ-лучи) представляют собой факторы бактериостатического и бактерицидного воздействия на микроорганизмы в воздушной среде и на поверхностях обрабатываемых объектов. Использование ультрафиолетовых бактерицидных установок требует строгого выполнения мер безопасности, исключающих возможное вредное воздействие на человека и животных ультрафиолетового бактерицидного излучения, озона и паров ртути.

УФ-лучи применяют для дезинфекции и стерилизации различных объектов в медицине, ветеринарии, на предприятиях биологической, фармацевтической и пищевой промышленности, в животноводстве и других отраслях народного хозяйства.

Источники УФ-излучения входят в число средств, обеспечивающих снижение микробной обсемененности поверхностей и воздушной среды и дополняют комплекс ветеринарно-санитарных мероприятий на объектах ветеринарного надзора: в различных помещениях, птицеводческих и фермерских хозяйств, в холодильниках, а также для обеззараживания транспортных средств (контейнеров, автофургонов и др,) подсобных помещений и других объектов, где могут нарушаться санитарные условия и накапливаться вредные газы.

Обработка УФ-лучами улучшает санитарно-гигиенические показатели производственных помещений, воздуха, поверхностей различного оборудования, тары, транспортных средств, воды, яиц, молока, мясного сырья, мясных продуктов. Применение источников УФ-лучей в холодильных камерах уменьшает заплесневение стен и порчу охлажденного мяса, снижает потерю его массы при переработке, что обеспечивает экономию дезинфицирующих средств, применяемых для санитарной обработки камер. При использовании УФ-лучей достигается помимо

Содержание

бактериостатического и бактерицидного эффекта на обрабатываемых объектах резкое снижение концентрации аммиака, сероводорода и других вредных производственных газов.

При применении УФ-лучей в животноводческих и птицеводческих хозяйствах обеспечивается поддержание их ветеринарно-санитарного благополучия, профилактируется возникновение инфекционных заболевании среди животных и птицы, а при их возникновении в комплексе с другими ветеринарными мероприятиями обеспечивается ликвидация заболеваний,

Облучатель-рециркулятор повышенной эффективности разработан ГНУ ВИЭСХ совместно с ГНУ ВНИИВСГЭ Россельхозакадемии.

Облучатель-рециркулятор повышенной эффективности состоит из металлического прямоугольного корпуса, двустворчатой крышкой, безозонной лампой фирмы «Филипс» или амальгамной лампой НПС «Лит» с отражателем УФ-лучей и вентилятором с производительностью 150 м воздуха в час, размещенном в торце облучателя.

Не смотря на то, что потребляемая мощность новых УФ установок в выше (95 Вт) по сравнению со стандартными установками, собранными на УФ лампах низкого давления, скорость достижения снижения общего микробного числа, например, до 99,9% в помещениях для сортировки яиц, в 3,2 раза по сравнению с бактерицидными озонообразующими лампами мощностью 36 Вт и в 15 раз по сравнению с установками на бактерицидных лампах мощностью 30 Вт. В результате, при эксплуатации новых облучательных установок достигается значительное энергосбережение.

Средние результаты опытов по изучению эффективности режима и технологии обеззараживания воздуха облучателями-рециркуляторами в Помещении цеха полуфабрикатов приведены в табл. 1.

Табл. 1

Эффективность режима и технологии обеззараживания воздуха в помещении цеха полуфабрикатов при прерывистой работе облучателей-рециркуляторов

Показатели	Количество бактерий в 1 м^3 воздуха, тыс									
	Общая обсем..		Стафилококк		E. Coll		Сальмонеллы		Грибы	
	тыс.	% обезз	тыс.	% обезз.	тыс.	% обезз	тыс.	% обезз	тыс.	% обезз
Исходный фон	0,8	—	0,4	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—
Через час работы	0,22	75,0	0,1	75,0	0	100,0	0	100	0	100,0
0,5 часа	0,22	75,0	0,1	75,0	0	100,0	0	100	0	100,0
1 час	0,25	68,9	0,1	75,0	0	100,0	0	100	0,05	50,0

Из табл. 1 видно, что через 1 ч работы облучателей-рециркуляторов, общая бактериальная обсемененность воздуха и количество стафилококков уменьшается соответственно на 75 и 75 %, а кишечные палочки, сальмонеллы и грибы уничтожаются полностью соответственно на 100, 100 и 100%. Через 30 мин. перерыва заметного увеличения количеств микроорганизмов в воздухе помещения цеха полуфабрикатов не происходит, а по истечении 1 ч паузы количество микроорганизмов в воздухе увеличивается на 6,1% и в

приточном воздухе в начале помещений появляются грибы, что требует повторной обработки.

Средние результаты опытов по изучению эффективности режимов и технологии обеззараживания воздуха облучателями-рециркуляторами повышенной эффективности в птицеводческом помещении приведены в табл. 2.

Табл. 2

Эффективность режимов и технологии обеззараживания воздуха в птицеводческом помещении.

Экспозиция, мин	**Количество бактерий в 1м^3 воздуха, тыс.**	**% обеззараживания**
Исходный фон	34,6	
Через 1ч работы ламп	9,4	72,8
Перерыв		
1 ч	19,2	45,5
2ч	28,0	19,9

Из табл. 2 видно, что через 1 ч работы облучателей-рециркуляторов в птичнике эффективность обеззараживания воздуха достигает 72,8%, что достаточно для профилактики аэрогенных инфекций птиц.

Через 1 и 2 ч перерыва идет накопление микроорганизмов. Так, через 1 ч перерыва количество степень обеззараживания достигала 45,5%, а через 2 ч –

Содержание

19,9%, т.е. происходило восстанавление микроорганизмов, при этом была необходима повторная обработка помещения.

Выводы

Полученные результаты производственной апробации системы обеззараживания воздуха нового поколения свидетельствуют о высокой эффективности и экономичности.

УФ технология обеззараживания может оказать большую помощь в подъеме животноводства, как на промышленной, так и фермерской основе; помогут оптимизировать технологические процессы, предотвратить появление и распространение инфекционных болезней скота и птицы; в экологическом плане – обеспечить охрану окружающей среды от техногенных загрязнений и излишнего расхода химических дезинфектантов в зоне животноводческих хозяйств и предприятий по переработке сырья животного происхождения, что имеет важное экономическое и социальное значение.

Список литературы

1. Рекомендации по применению ультрафиолетового излучения в животноводстве и птицеводстве. // М. «Колос» 1979.
2. Алферова Л.К., Козлов А.И., Юферев Л.Ю. Ультрафиолетовый облучатель-озонатор. //Сельский механизатор 2000. №6.
3. Voet, W.B.Gratzer, R.A.Cox, P.Doty, Biopolymers, 1, 193 (1963).
4. Баранов Д.А., Юферев Л.Ю., УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ УФ ЛАМП ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ Инновации в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 45-49.

Содержание

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ РАССАДЫ

***Соколов А.В.**, асп., **Юферев Л.Ю.**, канд. техн. наук, доцент,*
ГНУ ВИЭСХ, Москва

Статья посвящена освещению растений широкополосными светодиодными светильниками. Рассматривается влияние увеличения продолжительности светового дня на массу, рост и развитие растений за счет досвечивания широкополосной системой освещения. Производится оценка оптимального спектра с необходимым уровнем фотосинтез активной радиации для досвечивания рассады.

Ключевые слова: Индикатор мощности фотосинтетически активной радиации, Широкополосная система освещения растений.

Article is devoted to coverage of the plants with a broadband LED lamp. According to the article supplementary lighting gives increasing the weight and growth of plants. The estimate is derived for optimal spectrum with the necessary level of photosynthesis active radiation for supplementary lighting seedlings.

Keywords: Iradiation spectrum, photosynthetically active radiation, Broadband system plant lighting.

В сельском хозяйстве в настоящее время тепличное выращивание различной растительной продукции получает все большее распространение. Теплицы позволяют обеспечить более благоприятные условия для роста и созревания для растений. А продуктивность использования площадей оказывается в несколько раз больше, чем при возделывании тех же растений в открытом грунте. К тому же в теплицах при искусственном освещении и отоплении можно круглый год выращивать растения.

К.А. Тимирязевым был разработан точный метод учёта процесса фотосинтеза, основанный на одновременном определении объема поглощенного углекислого газа и выделенного кислорода в замкнутом сосуде (эвдиометре). Высокая чувствительность данного метода позволила определить фотосинтез в отдельных участках спектра, в которых благодаря малой их интенсивности фотосинтез шел слабо. Опыты К.А. Тимирязева ясно показали, что процесс фотосинтеза проходит именно в тех лучах, которые поглощаются хлорофиллом. Хлорофилл является оптическим сенсибилизатором, поглощающим энергию света.

Определяя интенсивность процесса фотосинтеза в различных лучах солнечного спектра, К.А. Тимирязев показал, что наиболее интенсивное усвоение углекислого газа наблюдается в красных лучах. Затем по направлению к зеленой части спектра процесс фотосинтеза постепенно ослабевает. В зеленых лучах фотосинтез минимальный. Это и понятно, так как именно зеленые лучи хлорофиллом не поглощаются. В сине-фиолетовой части спектра наблюдается второй подъем интенсивности фотосинтеза. Таким образом, если представить себе интенсивность фотосинтеза в виде кривой, то она будет иметь два максимума соответственно двум максимумам поглощения хлорофилла.

Содержание

То обстоятельство, что растения в течение своей жизни значительный период времени находятся в условиях красного освещения (радиация низко стоящего солнца), вероятно, привело к оптическим свойствам хлорофилла, имеющего максимум поглощения в красной области спектра

Однако в листьях растений кроме зеленых пигментов (хлорофиллов) имеются ещё дополнительные пигменты, имеющие свои спектры поглощения, отличные от таковых у хлорофиллов.

Тем не менее, многообразие пигментов в зеленом листе указывает и на многообразие соответствующих спектров действия фотобиологических процессов, которые регулируют те или иные процессы жизнедеятельности растений и вносят свой вклад в формирование продукционного процесса. Разумеется, что среди этих процессов фотосинтезу отводится очень важная роль.

Также значения фотосинтеза отдельных листьев определяются не только спектральным составом света, но и особенностями расположения листьев в ценозе.

Вопрос о значении отдельных областей спектра ФАР и об оптимальном соотношении энергии по спектру для нормального роста и высокой фотосинтетической продуктивности растений до настоящего времени остается крайне актуальным. У растений имеются системы фоторецепторов, обеспечивающие поглощение энергии по всей области ФАР. Отсутствие в излучении ламп отдельных участков спектра может привести к нарушению нормального роста растений при их длительном выращивании.

На определенных стадиях роста и развития растений требуются различные участки видимого света в диапазоне 400-700 нм, но с преобладанием красных, синих и фиолетовых лучей. На стадии цветения могут оказаться продуктивными добавления желтого или оранжевого света. В период плодоношения и созревания для некоторых видов растений возрастает роль, например, зеленого света (огурцы, томаты).

Раньше для оценки действия лучистых потоков на рост и развитие растений пользовались не энергетическими, а светотехническими единицами. Это обстоятельство не прошло без вреда для развития представлений о роли света или, точнее, различных излучений в жизни растительных видов.

Поэтому правильнее измерять всякие лучистые потоки приборами, имеющими в своей основе неселективные приемники, и оценивать их в Ваттах на квадратный сантиметр или в Ваттах на $1м^2$.

При пересчете световых единиц нужно использовать следующие коэффициенты:

- среднее количество фотонов на Ватт (искусственный свет от специализированных ламп) = 5,0 мкМоль/$м^2$/сек (1000 lux = 2,35 Вт/$м^2$ ФАР)
- солнечный свет, в среднем на Ватт ФАР 4,6 мкМоль/$м^2$/сек (1000 lux = 3,876 W ФАР; также часто используется 4,3, если пасмурная погода).

Возможность достаточно точного и быстрого измерения спектрального состава света имеет большое значение для исследований в области фотосинтеза и физиологии растений.

Содержание

Для оценки мощности светильников для освещения растений должны применяются радиационные измерители ФАР (фарометр), или пиранометры (или радиометр).

Пиранометр – неселективный прибор, реагирующий на энергию света независимо от длины волны. Выходной сигнал обычно выражается в Вт·м$^{-2}$.

Каждый тип приборов отличается диапазоном и спектральной чувствительностью. Для физиологов растений наибольший интерес представляют датчики фар, спектральная чувствительность которых ограничена в интервале 380…700 нм.

В настоящее время доступных приборов для оценки мощности светильников промышленность не выпускает, поэтому нами разработан и апробирован индикатор мощности фотосинтетически-активной радиации (рис.1).

Рис. 1. Индикатор мощности фотосинтетически-активной радиации

Индикатор состоит из пластикового корпуса, в котором расположен источник питания и электронная схема, состоящая из АЦП и избирательного оптического приемника. На передней панели индикатора расположено входное отверстие оптического приемника и цифровой индикатор мощности фотосинтетически-активной радиации. Для измерения мощности облучения необходимо включить прибор и направить его передней стороной в сторону источника излучения. Технические характеристики приведены в табл. 1.

Табл. 1.

Фитооблученность и продолжительность светового дня

Культура	Рекомендованная фитооблученность, Фт/м^2	Общая продолжительность светового дня, ч
Укроп	4…5	12
Листья салата	6…8	14…16
Петрушка на зелень	2…3	8

*- Фит (Фт) - это 1 Ватт излучения при длине волны 680 нм.

Содержание

Табл. 2.

Технические характеристики индикатора мощности ФАР

Источник питания, В	Батарея «Крона», 1604S, 9В
Потребляемый ток, мА	2
Диапазон контролируемой мощности, Вт/м2	1…200
Диапазон входного оптического излучения, нм	370…680
Угол восприятия излучения, гр.	± 30
Время непрерывной работы, ч	60
Масса, кг	0,16
Габаритные размеры, мм	140×70×40

Разумный компромисс использования, как электроэнергии, так и подбор определенного спектра с необходимым уровнем фотосинтез активной радиации, достигается применением широкополосного светодиодного светильника для освещения растений (рис. 2) Спектр этого светильника максимально приближен к солнечному. Получить широкий спектр удается за счет комбинирования светодиодов различного цвета свечения и возможность регулирования спектра, что позволяет обеспечить фитоценоз с максимальной фотосинтетической продуктивностью в соответствии с видовыми особенностями и этапом онтогенеза растений.

Рис. 2. Широкополосный светодиодный светильник

Апробированы светильники на рассаде укропа, петрушки и салата. Методика заключалась в следующем, в теплице с одинаковыми параметрами были засеяны растения. Первые получали только естественный свет, вторые естественный свет с досветкой в темное время суток широкополосным светодиодным светильником. Система освещения обеспечивала дополнительную облученность 8,4 Вт/м^2 (рекомендуемые параметры выбраны по табл. 2). На этапе рассады растения получали облучение в диапазоне 380…700 нм с пиком в красной зоне, что максимально приближено к чувствительности растений на данной стадии роста и развития. А оценку мощности светильника проводили индикатором мощности фотосинтетически-активной радиации.

Содержание

В течение 33 дней были получены данные отраженные в табл. 3,4. Рост и биомасса салата «Московский парниковый» (ВНИИССОК) и петрушки «Итальянский гигант» (Дом семян) при естественном освещении в теплице были зарегистрированы, приблизительно, в полтора раза меньше, по сравнению с салатом и петрушкой, облученными дополнительно (рис. 3). А результаты досветки укропа «Аллигатор» (ГАВРИШ) показывают почти двойное превосходство в размерах досвеченных растений против получивших только естественный свет (рис. 4).

Табл. 3.

Результаты наблюдения массы растений

	Тип освещения	14 день	21 день	28 день
Укроп	Естественное освещение с досвечиванием	0,15 г	0,40 г	0,9 г
	Естественное освещение	0,10 г	0,25 г	0,5 г
Листья салата	Естественное освещение с досвечиванием	0,3 г	1,5 г	4,5 г
	Естественное освещение	0,2 г	0,6 г	1,8 г
Петрушка	Естественное освещение с досвечиванием	0,04 г	0,2 г	0,4 г
	Естественное освещение	0,02 г	0,1 г	0,2 г

Табл. 4.

Результаты наблюдения роста растений

	Тип освещения	19 день	26 день	33 день
Укроп	Естественное освещение +досветка	40 мм	55 мм	80 мм
	Естественное освещение	20 мм	30 мм	55 мм
Листья салата	Естественное освещение + досветка	30 мм	40 мм	65 мм
	Естественное освещение	20 мм	25 мм	50 мм
Петрушка	Естественное освещение + досветка	5 мм	25 мм	35 мм
	Естественное освещение	2 мм	15 мм	22 мм

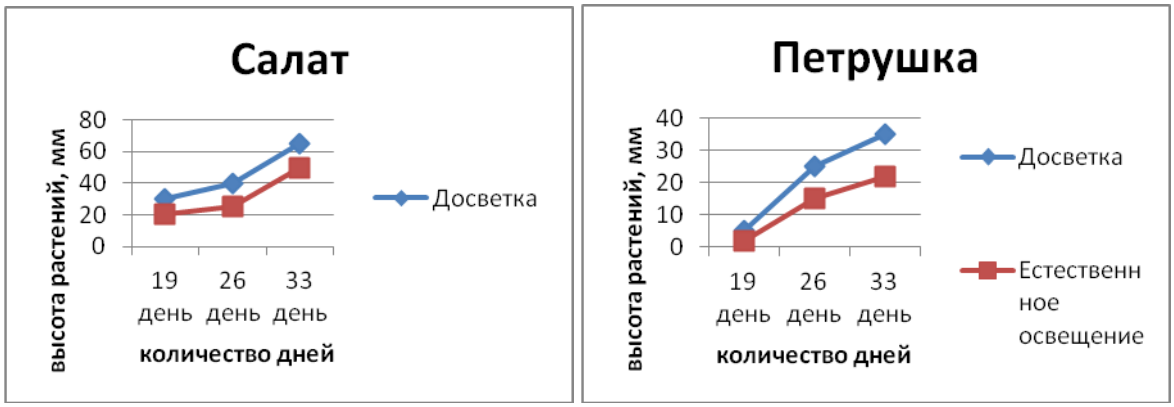


Рис. 3.

Содержание

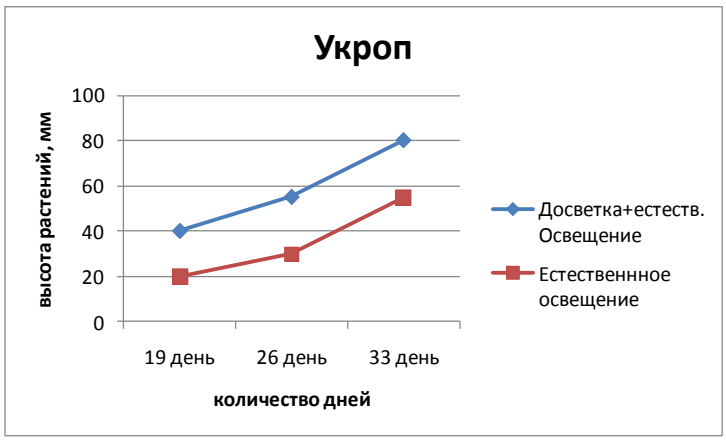


Рис. 4.

Дополнительное облучение рассады в теплице показало дополнительный рост зеленой массы растений, что позволяет сократить период вегетации и повышает урожай на 20…30%. Светодиодный светильник позволил обеспечить равномерное распределение потока энергии и близкое к максимальному КПД ФАР спектр облучения.

Список литературы

1. А.А. Тихомиров, Г.М. Лисовский, Ф.Я. Сидько «Спектральный состав света и продуктивность растений» Монография. – Новосибирск: Наука, 1991. – 168 с.
2. Б.С. Машков «Выращивание растений при искусственном освещении» Л. Колос, 1966.287 с.
3. А.А.Тихомиров, Шарупич, Лисовский – Светокультура растений: биофизическое и биотехнологические основы. 2000.
4. Н.Н.Протасова, Дж.М.Уеллс, М.В.Добровольский, Л.Н.Цоглин «Спектральные характеристики источников света и особенности роста растений в условиях искусственного освещения» – Физиология растений, Связь с практикой, том 37, вып.2,1990 г
5. Л.Ю. Юферев. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГО-РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ С.Х. ОБЪЕКТОВ Инновации в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 69-74.
6. А.В. Соколов, Л.Ю. Юферев УНИВЕРСАЛЬНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ С ВАРЬИРУЕМЫМ СПЕКТРОМ ДЛЯ ТЕПЛИЦ Инновации в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 10-14.

Содержание

УДК 629.3.014.2:005.934.4

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ТРИБОСОСТАВАМИ

***А.В. Дунаев**, ГНУ ГОСНИТИ, Москва, **О.Г. Павлов**, ООО С-WIZARD, СПб*
***И.Ф. Пустовой**, ООО «РИП», СПб, **С.Н. Шарифуллин**, Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Чистополь*

Изложены аспекты восстановления изношенных сопряжений минеральными трибосоставами, основные факторы их действия и результаты рентгено-фазового и рентгено-флуоресцентного анализа некоторых трибосоставов

***Ключевые слова:** серпентиновый ремонтно-восстановительный состав или геомодификатор трения, безразборный ремонт, дифрактограмма, спектрограмма.*

Outlines aspects of restoring of worn mates minerals additives, the main factors of their actions and results X-ray-phase and with the help of roentgen-fluorescent analysis of some triboadditives

***Keywords:** serpentines repair and restoration composition or geomodificaters for friction, without disassemblings repair, diffractogram, spectrogram.*

С 1980 г. в РФ, а с 2000-х годов на Украине, в Финляндии, Китае, Японии, Германии и в других странах распространяется технология безразборного ремонта двигателей внутреннего сгорания (ДВС), агрегатов силовой передачи и гидравлики различных машин и оборудования в гражданских и военных отраслях с помощью порошков минералов группы серпентина [1 – 3]. Их общее название – ремонтно-восстановительные составы (РВС) или геомодификаторы поверхностей трения, которые называют добавками к смазочным маслам.

Однако до сих пор нет широкомасштабного внедрения этих добавок и одной из причин является отсутствие непротиворечивого понимания механизма их действия. Кроме того, у руководителей предприятий и у государства нет ни уверенности, ни заинтересованности в совершенствовании системы обслуживания и ремонта машин. Приведенные ниже результаты исследований могут помочь в преодолении недоверия и незаинтересованности в использовании трибосоставов для изношенной техники.

Методика работ. Рентгеноструктурные анализы порошков 15-ти серпентиновых трибосоставов проведены на дифрактометре XRD 6000 с библиотекой спектров ICCD, а рентгенофлуоресцентные анализы 10 других - на спектрометрах EDX-720, XRF 1800 и MXF 2400 по стандартным приемам. Особенности применения серпентиновых трибосоставов в ДВС выявлены на основе анализа литературных материалов и данных собственных 3000 испытаний около 60 разных трибосоставов.

Основная часть.

Из основных 18 минералов группы серпентина $\{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8\}$ в безразборном ремонте по данным его пионеров используют:

– микрочешуйчатый листовой – антигорит (35 – 50 %),

– тонковолокнистый – хризотил (30 – 50 %),

– тонкозернистый – лизардит (10 – 30 %),

Но при анализе серпентиновых РВС-порошков дифрактометром XRD 6000 в Наноцентре ГОСНИТИ библиотека спектров ICCD показывала до 12

Содержание

минералов. Выявлено, что кроме серпентинов РВС-трибосоставы могут включать и другие минералы, ПАВ и иное. Так по порошкам от ООО «Венчур-Н», ООО «АРТ», ООО «РеалИнПроект», ГНУ ВИЭСХ между характеристическими сигналами дифрактограмм основных веществ наблюдался фон излучения, что свидетельствовало о различных примесях. А для некоторых порошков интенсивность близких линий от разных минералов была в два и более раз выше библиотечных интенсивностей для отдельных веществ.

По дифрактограммам на трибометре XRD 6000 сделаны следующие выводы:

1. Все испытанные РВС-порошки – гидросиликаты магния, никеля, алюминия с примесями железа, марганца и немногих других химэлементов, хотя по библиотеке ICDD они включают также тальк, Orthochamosite-10lb, Odinite-1M, Chlorite-serpentine (NR). Большинство составов мономинеральные с небольшим количеством примесей.

2. В испытанных РВС-порошках антигорит, считающийся у РВС-специалистов основным, на удивление не выявлен.

3. Треть порошков являются смесями до 10 минералов. Особенно сложны трибосоставы от ООО «АРТ» и ООО «РеалИнПроект». Исключением является состав «РВД», состоящий, в основном, из минерала «Лизардит 1Т».

4. Лизардит 1Т, представленный д.геол-миерол.н. Зуевым В.В. как наиболее триботехничный, выявлен только в 6-ти порошках из 15.

5. Порошки ГНУ ВИЭСХ с хорошими антифрикционными свойствами, являются смесью Лизардита-1Т с гидросиликатом никеля; их дифрактограммы невозможно описать одним спектром.

6. Два состава от ООО «Венчур-Н»" являются тальком (гидросиликат магния), а один – гидросиликатом алюминия.

7. В разное время исследований получено некоторое различие дифрактограмм и фазового состава одних и тех же порошков.

8. Из химических элементов в порошках доминирует Mg, а по убывающей концентрации Ni, Fe, Al, Ca. Не понятно наличие в порошках Ge, Sr, Zn, Cu, S, U.

9. При различных попытках библиотека спектров ICDD выдает на один и тот же порошок разные наборы веществ. Это затрудняет их идентификацию.

В институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского центра РАН проведен рентгенофлуоресцентный анализ восьми других РВС и двух руд серпентинита [3] (табл. 1). Выявлено, что все они примерно одинаковы, основными в них являются магний, кремний и железо, но присутствуют алюминий, кальций, хром, марганец и никель. А добавка ООО «Технодар» резко отличается, что связано с отсутствием в ней серпентинов.

Из табл. 1 видно, что в серпентините древних пород (~ 3,5 млрд. лет) присутствуют многие элементы. Но большинство РВС-специалистов, скорее всего, используют серпентинит молодых пород (~ 3,5 млн. лет) или другие минералы. Так по рекламе ООО НПФ "Маскарт" композиция МЕГАФОРС содержит и другие минералы, однако, как видно из таблицы, в МЕГАФОРСе серпентинов нет.

Содержание

Табл. 1

Состав РВС-порошков (%) по данным рентгено-флуоресцентного анализа

№	Составы и их поставщики	Mg	Al	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	Серпентинит, ~3,5 млрд. лет	26,4	3,4	30,9	0,8	2,7	10	11	12	13
2	Серпентинит ~3,5 млн. лет	31,4	1,1	47,7	0,1	0,2	0,9	0,3	31,9	1,1
3	STANRUS – NEW TECHNOLOGY	38,5	1,9	40,2	-	0,7	0,5	0,6	16,4	2,0
4	ООО Триггер	36,8	2,6	46,1	-	-	0,7	0,2	16,8	0,9
5	ООО АРТ	32,0	1,6	47,9	3,1	2,7	1,5	0,2	11,8	1,0
6	ООО РИП	30,1	3,2	43,1	4,5	1,7	0,8	0,4	9,9	1,6
7	ООО ТЕХНОДАР, взвесь в масле	14,4	-	17,2	37,7	14,7	0,7	0,4	14,6	1,7
8	То же, осадок	24,2	1,3	29,4	9,5	6,6	-	-	3,6	0,1
9	Evolution, ООО НВФ Триботехнология	10,9	-	57,1	7,1	14,1	0,8	0,4	21,9	1,3
10	МЕГАФОРС, ООО НПФ Маскарт	-	-	24,9	69,4	-	-	-	0,3	-

Примечание: Исследование серпентинов по п. 1 и 2 таблицы на дифрактометре XRD 6000 с библиотекой ICDD нашло по фазовому составу их полную идентичность: Magnesium Silicate Hidroxi Clinochrysotile с приместью Potassium Silicon Tungsten (?)

Несмотря на некоторое различие геомодификаторов РВС-покрытие, по данным МВА им Н.Г. Кузнецова, ООО «Неосфера» (С-Пб), Финским, Китайским и Французским исследованиям все-же имеет одинаковый состав: в основном, углерод, отсутствующий в серпентинах, небольшое количество железа и кремния, что явно не соответствует металлокерамике. Покрытия от долей до десятков мкм имеют низкое трение и высокую микротвердость [3]. Прозрачное покрытие (под ним видны следы механической обработки) цвета от светло-желтого и золотистого до светло-сиреневого в начале легко снимается руками, имеет электросопротивление 10 – 300 Ом/см и постепенно сгорает от электрического воздействия.

На этом основании, учитывая лакообразование в ДВС и универсальную трибополимеризацию органики, можно считать, что ведущим механизмом образования РВС-покрытий является трибополимеризация компонентов смазок. При этом считается, что факторами процессов являются давление и температура в контактах, наличие катализатора в трибосоставе, продуктов окисления смазки и образование трением минералов трибоплазмы [3].

Из различных исследований известно, что при работе серпентинов происходит размол их частиц, абразивная и кавитационная очистка ими поверхностей трения от наслоений, окисных пленок и непрочных структур кристаллов, преобразование частиц серпентинов, а далее, по-видимому, поликонденсация, трибополимеризация и адгезия на поверхностях трения одних измененных трением компонентов фрикционной среды, возможная диффузия в поверхности трения других, частичная хемосорбция третьих и таким образом модификации поверхностей трения.

Содержание

Общеизвестные признаки РВС-обработки ДВС таковы:

- ДВС работает неустойчиво и через 5-15 мин от ввода серпентинов до получаса из выпускной трубы прогретого до нормы ДВС может идти выделение серого дыма и пара, капель и брызг воды до 1,5 л с грязными хлопьями; незначительное водовыделение может продолжаться и несколько дней;

- после обработки/раскоксовывания ЦПГ компрессия может увеличиться/уме-ньшиться, но после наращивания РВС-покрытия, закрытия им рисок на гильзах, она увеличивается; в начале обработки расход топлива растет на 10…15 %, а температура ДВС на 5…7°С, но в конце они становятся меньше исходных на 5…8 %;

- эффект обработки проявляется через час, но продолжает наращиваться в эксп-луатации и после смены масла;

- компрессия в цилиндрах после РВС-обработки не обычные 12 – 13 бар, а достигает 17 бар;

- РВС-покрытия по объему в несколько раз больше внесенного в масло минерала; требуется 0,01…0,05 % серпентинов, а других трибосоставов до 10 %.

Необычное интенсивное водовыделение при РВС-обработке постоянно подтверждается всеми РВС-специалистами с 1998 г. Раскрытие его причины поможет уточнить физхимию РВС-процессов, но пока ее трактовки могут быть ошибочными, т.к. они не соответствует представлениям о работе ДВС. Замеченное впервые как побочное, водовыделение считается признаком именно РВС-процесса («Нет воды – добавь серпентина!») и подтверждается такими фактами:

- вода выделяется чаще всего, особенно в первой обработке; обычно воды не много и как минимум – идет «парок»,

- водовыделение до 50…100 мл идет при любой, даже очень жаркой погоде и у прогретого мотора,

- объем воды пропорционален рабочему объему ДВС; при перегазовке вода брызжет или вылетает струей из выпускной трубы,

- вода заметнее идет при использовании не свежих минеральных масел,

- в бензиновых ДВС водовыделение активнее, чем в дизелях,

- сезонная зависимость интенсивности водовыделения не установлена,

- водовыделение скрадывается в выпускном тракте при наличии нейтрализаторов ОГ и в турбокомпрессоре,

- некоторые РВС-обработанные ДВС парят постоянно и имеют пониженный расход бензина,

- при повторной РВС-обработке водовыделения уже нет,

- если в бензомоторе чисто синтетическое масло, то предположено, что водовыделение заметно меньше.

Результат РВС-обработки, подтвержденный за 25 лет в сотнях протоколов по сотням тысяч самой различной гражданской и военной наземной, морской и авиационной технике ее десятками пионеров и продвиженцев таков:

- РВС-покрытия от долей до 15 мкм, но, при высокой маслофильности, заметно уплотняют зазоры в сопряжениях, уменьшают силы трения и на 5…10 % энергию на привод агрегатов, тем самым повышая мощность ДВС,

Содержание

- продлевается доремонтный и до 3-х раз послеремонтный эксплуатационный ресурс всех узлов трения и ресурс моторов по состоянию ЦПГ и КШМ,

- уменьшается расход ТСМ, до 1,5 раза продлевается ресурс масла,

- заметно уменьшаются выбросы вредных веществ из ОГ бензиновых и сажи из ОГ дизелей,

- в агрегатах шасси РВС-покрытия снижают ударную нагрузку, вибрации, шум, температуру масла, затормаживая его старение.

Рентабельность РВС-обработки до 800 %.

Пионеры РВС-технологии заложили именно такое принципиально новое, эффективное направление в триботехнике – восстановление изношенных сопряжений под воздействием природных минералов, вводимых в трибосреду в штатном режиме эксплуатации техники. Восстановление работоспособности узлов трения возможно до номинала, а в некоторых случаях и выше за счет образования незначительного покрытия, но с высокой маслофильностью, износостойкостью и низким трением.

Пионерами нетрадиционной триботехники являются Петербуржцы: Т.Л. Маринич, Д.М. Телух, Ш.Т. Френкель, В.И. Ревнивцев, В.В. Зуев и Г.М. Яковлев. Их продолжатели: И.В. Никитин, О.Г. Павлов, И.Ф. Пустовой, А.Ю. Шабанов. Развитие этого направления продолжают многие разработчики естественных и искусственных трибосоставов и практики их применения по всей РФ. Но возможно, что главными здесь станут все-же наноалмазы Красноярских НИИ СО РАН.

Список литературы

1. Ващенок А.В. Серпентины в триботехнике /А.В. Ващенок, В.В. Казарезов, И.В. Таловина, В.В. Костенко /Минералогия. – М., 2002. – № 1 (4). – С. 43 – 50.

2. Шабанов А.Ю. Очерки современной автохимии. Мифы или реальность? / А.Ю. Шабанов. – СПб, Иван Федоров, 2004, 216 с.

3. Дунаев А.В., Шарифуллин С.Н. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов / А.В. Дунаев, С.Н. Шарифуллин. Монография/ Казань, Казанский Университет, 2013, 272 с.

Содержание

УДК 681.5.01

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ЭКСПЕРТНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

***В.В. Солдатов**, д.т.н., профессор, **О.А. Липа**, к.т.н., доцент, **Д.А. Липа**,*
ФГБОУ ВПО РГАЗУ, Балашиха

Для повышения качества управления энергоемкими технологическими процессами предлагается использовать классические регуляторы с интеллектуальной подстройкой параметров. Предлагается вариант построения интеллектуальной надстройки, основанный на применении технологии экспертных систем управления. Исследуются и анализируются основные этапы работы экспертного регулятора на примере САУ следящего электрического привода.

***Ключевые слова:** энергоемкие технологические процессы, регуляторы параллельного типа, интеллектуальные системы управления, экспертные регуляторы, идентификация параметров САУ.*

To improve management of energy-intensive process it is proposed to use the classic regulators with intelligent tuning parameters. Authors propose a variant of the intellectual superstructure construction, based on the use of expert systems technology management. The main stages of the work of the expert control on the example of tracking ACS electric drive are researched and analyzed.

***Keywords:** energy-intensive technological processes, parallel type regulators, intelligent control systems, expert regulators, parameter identification of ACS*

Главной отличительной чертой современных автоматических систем является все возрастающая сложность управляемых технологических процессов, обусловленная разнообразием взаимодействий между материальными и энергетическими потоками объектов и окружающей их среды. Это приводит к появлению различных неопределенностей, вследствие неполноты информации об указанных взаимодействиях, что снижает эффективность сельскохозяйственного производства.

Повышение качества управления энергоемкими технологическими процессами связано с созданием быстродействующих высокоточных систем, в которых традиционные регуляторы в условиях структурной и параметрической неопределенности не могут обеспечивать требуемую эффективность управления. В качестве таких систем целесообразно использовать регуляторы параллельного типа, то есть классические регуляторы с интеллектуальной подстройкой параметров [1]. Такого рода регуляторы представляют большой практический интерес по ряду причин. Во-первых, они могут осуществлять периодическую диагностику системы и подстраивать параметры регулятора в соответствии с заданным критерием качества управления. Во-вторых, в такой системе достаточно легко осуществлять первоначальную настройку

Содержание

параметров или ее подстройку в зависимости от требований технологического процесса. Последнее обстоятельство является крайне важным, так как установка интеллектуального настраивающего блока на уже существующие традиционные регуляторы (например, в тепличных или животноводческих помещениях) позволит улучшить их технические характеристики по точности и быстродействию. Очевидно, что использование экспертных систем с удобным человеко-машинным интерфейсом в блоке интеллектуальной настройки позволит существенно упростить, ускорить и улучшить качество настройки промышленных регуляторов, обеспечивая новые возможности при выполнении технологических процессов.

Один из вариантов построения интеллектуальной надстройки основан на применении технологии экспертных систем управления (ЭСУ), которые должны удовлетворять ряду специфических требований, главными из которых являются:

- компактность, т.е. возможность оперировать большими объемами знаний и данных при малых массогабаритных характеристиках устройств, на которых реализуется ЭР;

- гибкость, т.е. способность без специальных перестроек обращаться к различным разделам знаний из рассматриваемой предметной области и осуществлять в них эффективный поиск решений, удовлетворяющих целям управления;

- надежность, т.е. способность обеспечивать эффективное функционирование системы управления в условиях неполноты знаний об окружающей среде [2].

Кроме этого, экспертный регулятор (ЭР) должен обладать быстродействием, необходимым для реализации процессов управления в реальном масштабе времени.

Работа ЭР условно разделена на три этапа [3].

На первом этапе решаются задачи проектирования САУ:

- выбор подходящей структуры модели объекта управления;

- определение параметров модели по заданной структуре на основе нерекуррентных методов идентификации;

- выбор закона управления;

- предварительная настройка параметров закона управления;

- окончательный синтез параметров закона управления с помощью процедур оптимизации по заданному пользователем критерию качества.

В результате решения всех перечисленных выше задач проектирования системы в пространстве показателей качества переходного процесса определяется «рабочая» точка.

Содержание

На втором этапе решается задача обучения при изменении параметров модели системы в окрестности «рабочей» точки, полученной на этапе проектирования системы. Здесь формируются текущие эмпирические знания о динамических свойствах системы:

- знания о функциональных особенностях объекта управления;
- знания о функциональных особенностях самого регулятора.

На третьем этапе происходит непрерывное слежение за протекающими процессами и решаются задачи активной самодиагностики функционирующей системы, которые включают:

- обработку текущих данных измерений с датчиков;
- оценку изменений параметров системы, как аналитическими методами, так и на основе эмпирических знаний о динамических свойствах объекта управления;
- коррекцию параметров регулирующего устройства;
- оценку проведенной коррекции;
- изменение закона управления (в случае необходимости).

Выбор между этапами работы ЭР осуществляется на основе правил, заложенных в специальную диспетчерскую программу, называемую супервизором.

В архитектуру ЭР, помимо блоков, имеющихся в любой ЭСУ, включена база алгоритмов (БА). В ней содержатся различные вычислительные алгоритмы, необходимые для идентификации параметров объекта управления и синтеза коэффициентов регулятора [5].

Основной проблемой при создании любой экспертной системы является разработка базы знаний (БЗ) в достаточно узкой области экспертизы, которая может быть решена в два этапа. На первом этапе должны быть формализованы и структурированы экспертные знания о предметной области. На втором этапе должны быть формализованы представления этих знаний с помощью моделей искусственного интеллекта. Так как разработка ЭР предполагает использование экспертной системы в управлении, то здесь ключевую роль играет разработка базы знаний в предметной области – области теории управления.

В рамках задачи формирования правил, регламентирующих применение методов идентификации и содержащихся в базе алгоритмов (БА) ЭР, будем полагать, что блок идентификации ЭР осуществляет получение и/или уточнение по экспериментальным данным математической модели системы, выраженной посредством того или иного математического аппарата. Входной информацией блока идентификации являются входные и выходные сигналы реального объекта $u(t)$, $y(t)$. Идентифицируемый объект формально может

быть представлен оператором F:

$$y(t) = F(u(t)). \quad (1)$$

Кроме описания идентифицируемого объекта (1), должна задаваться модель, в терминах которой производится идентификация:

$$y(t)=F^{M}(u(t)). \quad (2)$$

В настоящее время существует большое количество методов идентификации, которые могут быть разделены на два класса – параметрические и непараметрические. Очевидно, что в силу специфики решаемых задач разрабатываемый ЭР должен обладать возможностью рекуррентного оценивания параметров системы. Поэтому при формировании БЗ ЭР интерес представляют только параметрические методы идентификации. Наибольшее распространение при идентификации систем получили методы ошибки предсказания (метод Гаусса-Ньютона, градиентный метод и др.), метод наименьших квадратов (МНК) и метод инструментальных переменных.

Для исследования функциональных возможностей и характеристик интеллектуального регулятора параллельного типа был разработан ЭР следящего электрического привода (ЭП), являющегося достаточно сложным примером САУ. Исследовательский вариант ЭР реализован в виде программного комплекса «Эксперт». ЭР снабжен базой алгоритмов, обеспечивающей гибкость интеллектуальной части ЭР, т.е. возможность управлять не только САУ ЭП, но и другими динамическими объектами; он автоматически поддерживает требуемое качество работы системы при изменении характеристик отдельных элементов последней и может быть дополнен пользователем новыми алгоритмами и знаниями [4]. Структура программного комплекса «Эксперт» приведена на рис. 1.

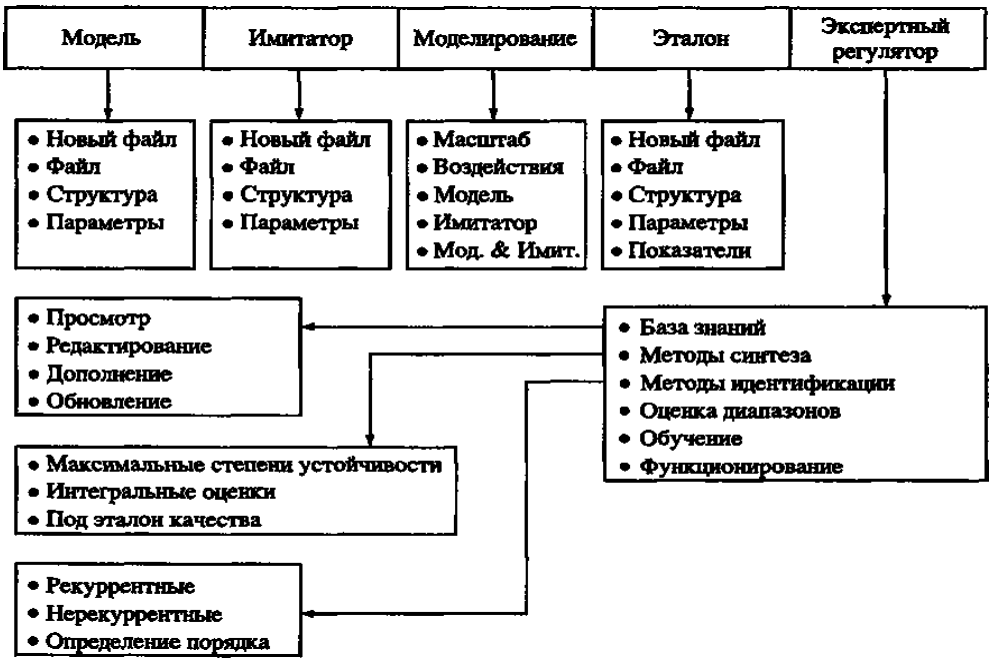


Рис. 1. Структура программного комплекса «Эксперт»

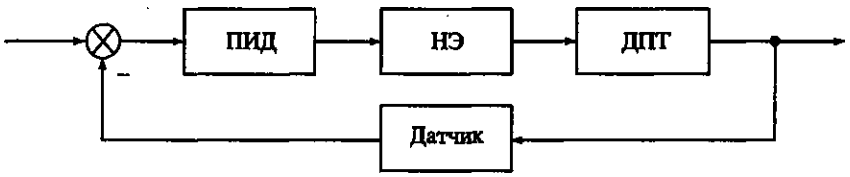


Рис. 2. Структурная схема САУ ЭП:

НЭ – нелинейный элемент типа «зона нечувствительности и ограничение»; ПИД-регулятор; ДПТ – двигатель постоянного тока (обычно представляемый в виде двух апериодических звеньев первого порядка с постоянными времени T_1 и T_2)

Рассмотрим действия ЭР на основных этапах его работы на примере САУ ЭП (рис. 2).

Идентификация параметров нелинейной САУ. При проведении экспериментов были приняты следующие значения параметров: постоянные времени двигателя T_1 = 0,1 с; T_2 = 1 с; коэффициент усиления двигателя $k_{дв}$ = 1; коэффициент усиления датчика $k_{дат}$ = 1; коэффициенты ПИД-регулятора соответственно k_p = 6, k_i = 1, k_d = 3; зона нечувствительности a = 0,5; уровень ограничения b = 4.

С использованием правила по идентификации нелинейной САУ, сформулированного ранее, с помощью ЭР были оценены параметры нелинейного элемента «нечувствительность и ограничение» и параметры линейной части системы методом Гаусса-Ньютона с покомпонентной минимизацией параметров.

Содержание

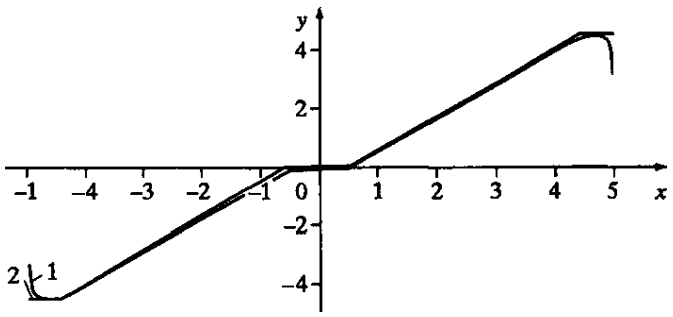


Рис. 3. Реальная нелинейная характеристика (1) и аппроксимирующий ее полином (2)

В результате были получены следующие значения параметров модели системы: постоянные времени двигателя T_1 = 0,114 с, T_2 = 0,923 с; коэффициент усиления двигателя $k_{дв}$ = 0,99; коэффициент усиления датчика $k_{дат}$ = 1; зона нечувствительности a = 0,521; уровень ограничения b = 3,986.

На рис. 3 представлены аппроксимирующий нелинейность полином и реальная нелинейная характеристика. Как видно из рис. 3, полином, аппроксимирующий нелинейный элемент, и реальная нелинейная характеристика совпадают на начальном этапе; из этих графиков можно с достаточной степенью точности определить параметры нелинейного элемента.

Таким образом, приведенные выше правила позволяют ЭР решить задачу правильного выбора метода идентификации параметров САУ и тестирующего сигнала, а выбранный метод успешно решает задачу идентификации параметров САУ [1].

Формирование знаний и синтез параметров ПИД-регулятора

Рассмотренный выше алгоритм был использован при получении знаний о влиянии нелинейностей типа «зоны нечувствительности» и «ограничения» для той же САУ, что представлена на рис. 2. В качестве примера были взяты следующие параметры системы: постоянные времени двигателя T_1 = 0,1 с и T_2 = 0,8 с; коэффициент усиления двигателя $k_{дв}$ = 1; коэффициент усиления датчика $k_{дат}$ = 1; зона нечувствительности a = 0,5; уровень ограничения b = 4; коэффициенты ПИД-регулятора соответственно k_p = 12, k_i = 10, k_d = 0,9.

После оценки возможных изменений параметров системы необходимо решить задачу синтеза регулятора таким образом, чтобы качество процесса управления оставалось на требуемом уровне. В ЭР данная задача решается на основе знаний, которые в виде правил получены с помощью вышеописанного алгоритма. В качестве примера на рис. 4 приведены диаграммы качества системы в зависимости от коэффициента пропорционального канала k_p ПИД-регулятора для нелинейного элемента типа «ограничение», а на рис. 5

Содержание

представлены зависимости, полученные на основе их анализа.

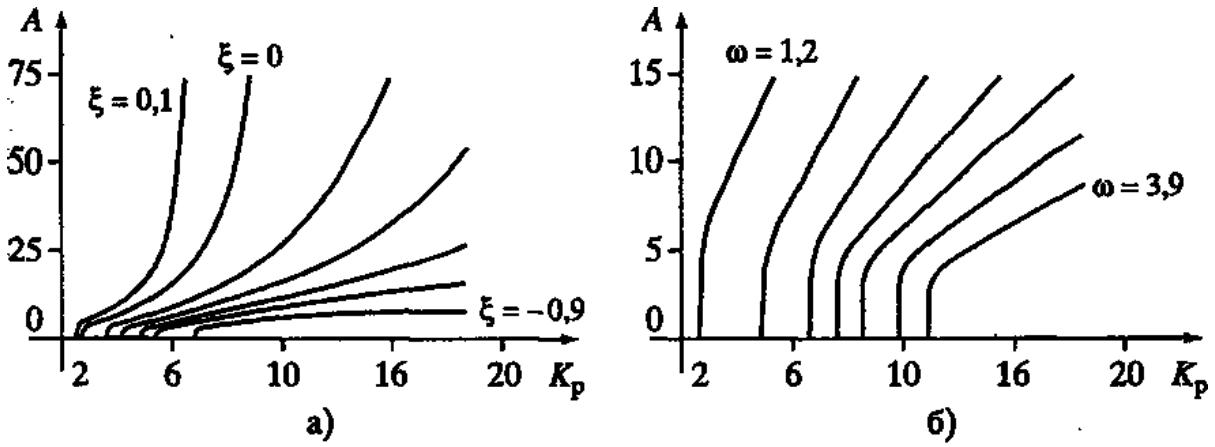


Рис. 4. Диаграммы качества нелинейных колебаний для коэффициента пропорционального канала k_p ПИД-регулятора для ξ (а) и ω (б)

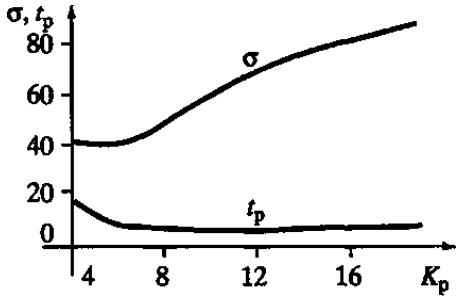


Рис. 5. Функциональные зависимости σ = F1(k_p) и tp = F2(k_p) для коэффициента пропорционального канала k_p ПИД-регулятора

Следует подчеркнуть, что представленный ЭР обеспечивает функциональную гибкость интеллектуальной системы управления за счет возможности дополнения соответствующими вычислительными алгоритмами его БА и знаниями по ним БЗ для работы с широким спектром исполнительных подсистем. Предложенная архитектура ЭР не накладывает существенных ограничений на закон управления. Главное, чтобы он был физически реализуем на контроллере устройства управления. Экспертный регулятор является программным продуктом, поэтому он довольно легко может быть установлен практически на любую цифровую систему управления.

Полученные результаты целесообразно использовать для создания систем интеллектуального управления энергоемкими процессами сельскохозяйственного производства, поскольку использование экспертных систем с удобным человеко-машинным интерфейсом в блоке интеллектуальной настройки позволит существенно упростить, ускорить и улучшить качество настройки промышленных регуляторов, обеспечивая новые возможности

Содержание

при выполнении технологических процессов. Это, в свою очередь, приведет к повышению эффективности управления сложными энергоемкими сельскохозяйственными объектами, для которых характерны пространственная распределенность параметров, наличие различного рода нелинейностей, а также неполнота информации об их динамических свойствах и статистических характеристиках действующих на них возмущений.

Список литературы

1. Арбузов А.В., Тюрин К.В. Идентификация нелинейной САУ электропривода робота и формирование эмпирических знаний для экспертного регулятора // Межвуз. сборник научн. трудов «Управление и моделирование в сложных технических системах». М.: МИРЭА, 1995. С. 41-46.

2. Лъюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. М.: Наука, 1991.

3. Макаров И.М., Лохин В.М., Мадыгулов Р.У., Тюрин К.В. Применение экспертных регуляторов для систем управления динамическими объектами // Известия РАН. Техн. кибернетика. 1995. № 1. С. 5-21.

4. Kosmatopoulos E.B., Polucarpou MM., Christodoulou MA., loannou PA. High-Order Neural Networks Structures for Identification of Dynamical Systems I I IEEE Trans, on Neural Networks. 1995. V. 6, N 2. P. 422-430.

5. Saerens M. Design of a Perceptron-Like Algorithm Based on System Identification Techniques I I IEEE Trans, on Neural Networks. 1995. V. 6, N 2. P. 504-506.

Содержание

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ХЛАДОНОСИТЕЛЕЙ С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЗАМЕРЗАНИЯ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

***В.В. Иванов**, асп., ГНУ ВИЭСХ, Москва*

В данной статье произведен аналитический обзор различных видов хладоносителей для охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции, выявлены их положительные и отрицательные свойства. На основе проведенного анализа определен наиболее эффективный хладоноситель.

***Ключевые слова:** хладоноситель, экосол, охлаждение сельскохозяйственной продукции.*

This article contains the analytical overview of the different types of refrigerants for cooling and storage of agricultural products, identified positive and negative characteristics refrigerants. Based on the analysis determined the most efficient refrigerant

***Keywords:** refrigerant, ecosol, cooling of agricultural products.*

Практически все пищевые продукты животного и растительного происхождения от момента сбора (убоя) до момента потребления необходимо охлаждать для сохранения их первоначальных качеств. При этом, чем ниже температура и чем быстрее идет процесс охлаждения, тем дольше и полнее будет сохранено качество продукции.

Существующие в настоящее время холодильные системы по способу охлаждения сельскохозяйственной продукции классифицируются на системы с непосредственным охлаждением хладагентом и системы с охлаждением промежуточным хладоносителем.

При непосредственном охлаждении теплота, воспринимаемая охлаждающими приборами, передается непосредственно кипящему в них хладагенту. При охлаждении хладоносителем теплота в охлаждающих приборах передается промежуточной среде – хладоносителю, с помощью которого она переноситься к хладагенту, находящемуся в испарителе холодильной установки. Отводимая теплота вызывает повышение температуры хладоносителя в охлаждаемых приборах без изменения агрегатного состояния.

Хладоносителем называют вещество, которое отбирает теплоту из одной части холодильной установки и отдает его другой, не меняя при этом своего агрегатного состояния.

В целом для нужд сельского хозяйства необходим хладоноситель, обладающий свойствами, перечисленными ниже:

1. Экологическая безопасность для окружающей среды.
2. Токсикологическая безопасность для производимых сельскохозяйственных продуктов.
3. Большая теплоемкость и высокая теплопроводность – свойства теплоносителя, определяющие техническую и экономическую целесообразность применения.
4. Низкая вязкость при отрицательных температурах.

Содержание

5. Отсутствие коррозии на металлы и неметаллические материалы системы охлаждения.

6. Низкая цена, оправдывающая экономическую целесообразность применения.

Исходя из вышеперечисленных свойств актуальной задачей становится поиск эффективного хладоносителя.

Одним из первых и основных хладоносителей для охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции является вода (H_2O). В чистом виде она имеет существенные преимущества над многими жидкими хладоносителями, но рабочий диапазон её использования в условиях нормального давления ограничивается температурой (0°С). Вода в качестве хладоносителя может использоваться при температуре ниже нуля, но с применением дополнительных присадок, которые несколько уменьшают температуру замерзания.

Среди солевых хладоносителей можно отметить водные растворы хлорида натрия (NaCl) и хлорида кальция ($CaCl_2$), работающих при температурах до -50°С. Несколько шире ряд органических соединений, которые можно применять при низких температурах: дихлорметан (CH_2Cl_2), трихлорэтилен (C_2HCl_3), ацетон (C_3H_6O), водные растворы некоторых спиртов. В этот ряд можно включить и водные растворы гликолей, но их вязкость заметно увеличивается при температурах ниже минус 35°С. Данные группы хладоносителей отрицательно влияют на окружающую среду с точки зрения экологичности: большая их часть пожаро- и взрывоопасна при положительных температурах, а этиленгликоль ($C_2H_6O_2$), дихлорметан и трихлорэтилен являются токсичными соединениями.

К экологически чистым низкотемпературным хладоносителям можно отнести водные растворы NaCl и $CaCl_2$, водные растворы пропиленгликоля ($C_3H_8O_2$) и этилового спирта (C_2H_6O).

Солевые водные растворы (NaCl и $CaCl_2$) хорошо известны и проверены на практике. Водный раствор $CaCl_2$ широко применяют в современной холодильной технике благодаря хорошим теплофизическим свойствам и возможности использования в широком диапазоне температур (+40…–50°С). Раствор $CaCl_2$ имеет большую коррозионную активность, чем раствор NaCl, по отношению к черным металлам и меди. Однако из-за более низкой температуры замерзания и меньшей стоимости раствор хлорида кальция находит большее распространение [1].

Спирты имеют достаточно низкие температуры замерзания: этиловый спирт ($t_{зам}$= –117°С), пропиловый спирт ($t_{зам}$= –127°С). Метиловый спирт ($t_{зам}$= –97,8°С) ядовит и применять его в качестве хладоносителя не рекомендуется. Соответственно и водные растворы спиртов имеют достаточно низкие температуры замерзания, обладают сравнительно невысокой коррозионной активностью, хорошими теплофизическими свойствами, но минусом является их токсичность и высокая вязкость.

Этиленгликоль применяют в диапазоне температур кипения –40…–60°С, является достаточно токсичным веществом, оказывает значительное корро-

зионное воздействие на металлы. При температурах ниже –20°С резко возрастает вязкость, что приводит к большим затратам энергии на обеспечение циркуляции в системах охлаждения.

Пропиленгликоль в виде водного раствора используется в качестве хладоносителя холодильного оборудования при охлаждении различных пищевых продуктов до температур в интервале +12°С…–50°С, а также при погружном (экстренном) замораживании продуктов. Несмотря на высокую стоимость, хладоносители на основе пропиленгликоля оказались конкурентоспособными на мировом и российском рынках хладоносителей для интервала рабочих температур +2°С…–18°С. Коррозионная активность пропиленгликоля ниже, чем у большинства известных водных растворов солей и спиртов. При температурах ниже –20°С растворы пропиленгликоля так же становится очень вязким.

Хладоноситель на основе глицерина по токсичности и другим свойствам близок к пропиленгликолевому, но обладает еще более высокой вязкостью и большей коррозионной активностью по отношению к полимерным прокладочным материалам [2].

Водные растворы органических солей ацетат калия, формиат калия пригодны к использованию при низких температурах до –55ºС, обладают высокой теплопроводимостью. Вязкость ниже, чем у хладоносителей на основе многоатомных спиртов. Недостаток – коррозионная активность (хотя и значительно ниже, чем у растворов солей) [3]. Кроме того, они плохо совместимы с мягкими припоями и хлоридсодержащими флюсами [4].

Один из лучших и экологически безопасных хладоносителей в области низких температур – жидкий диоксид углерода. Вязкость его значительно ниже вязкости воды и во много раз ниже, чем у водного раствора пропиленгликоля. Диоксид углерода обеспечивает высокие коэффициенты теплоотдачи, малые гидравлические потери в системе, хорошую компактность. Особенность диоксида углерода – сравнительно высокое давление в системе [2].

В настоящее время появились хладоносители на основе этилкарбитола (фирменное название – «Экосол»). Предлагаются различные модификации экосолов: экосол-65, экосол-40, экосол-20 и экосол-10 (цифра обозначает температуру замерзания), которые выбираются из условий эксплуатации и поставляются в готовом к употреблению виде.

Экосол – это единственный в мире хладоноситель, который изготавливается из реагентов, используемых при производстве лосьонов, кремов и мазей, в том числе для заживления ран, ссадин и порезов. Это означает, что для человека он не опаснее одеколона, то есть его только пить нельзя [5]. В его гигиеническом сертификате, выданном центром Госсанэпиднадзора, сказано: «по степени воздействия на человека «Экосол» относится к веществам безопасным» [6].

У экосола есть и другие достоинства: он не оказывает коррозионного воздействия на различные металлы (табл. 1).

Содержание

Табл. 1

Коррозионное воздействие экосола на различные металлы

Материал	Коррозионные потери, г/(см2·сутки)	
	фактические	допустимые по ГОСТ 28084-89
Латунь	0,04	0,2
Припой	0,08	0,1
Алюминий	0,03	0,1
Медь	0,03	0,1
Чугун	0,03	0,1
Сталь	0,01	0,1

Отсутствие коррозионного воздействия экосола на чёрные и цветные металлы и их сплавы становится особенно важным в связи с применением в холодильной технике эффективных по теплообмену пластинчато-ребристых теплообменников, выполняемых из тонколистового алюминия методом пайки. Помимо отсутствия коррозионного действия на применяемые конструкционные материалы, экосолы показали высокие эксплуатационные качества, в частности, длительный срок службы сальниковых устройств центробежных насосов. Последнее объяснимо, поскольку экосол имеет смазывающие свойства, и он не является солевым веществом.

Экосол также пожаро- и взрывобезопасен, его теплофизические свойства лучше, чем у других хладоносителей (табл. 2).

Табл. 2

Характеристики экосола

Хладоноситель	Плотность, кг/м^3	Вязкость, Па·с, при 253К (-20°С)	Температура замерзания, К (°С)	Теплоемкость, кДж/(кг·К), (20 °С)	Теплопроводность (Вт/м·К) при 293К (20°С)
Экосол-40	1046	44,78	233 (-40)	3,700	0,430
Этиленгликоль	1082	25,00	233 (-40)	3,260	0,402
Пропиленгликоль	1036	45,00	233 (-40)	3,770	0,429
Хлористый кальций	1240	13,83	241,8(-31,2)	2,805	0,560

Кроме того, безводный экосол замерзает при температуре +203К (–70°С), а кипит – при +379К (+106°С). При понижении температуры он уменьшается в объеме, что исключает вероятность разрыва труб и блоков двигателей даже при его замерзании, что позволяет увеличить надежность эксплуатации используемого оборудования.

И другие характеристики (табл. 3) экосола вполне удовлетворяют требованиям нормативных документов, а с точки зрения удобства в эксплуатации он уникален. Например, у него флюоресцирующий зеленый цвет, что позволяет распознавать даже ничтожные его утечки. Причем красители – не ядовитые (применяются в кондитерской промышленности).

Табл. 3

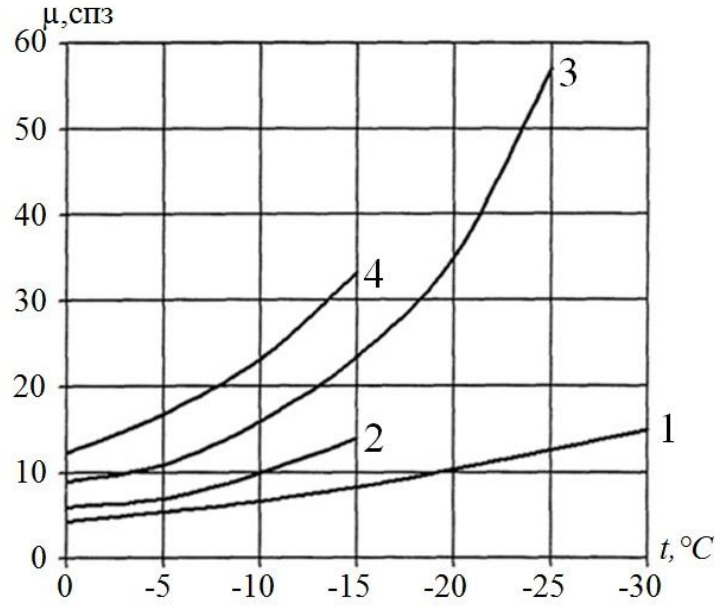
Характеристики экосола по ГОСТ 28084-89

Показатель	Фактически	Норма ГОСТ

Содержание

		28084-89
Объем пены, образовавшейся после 5 мин пропускания воздуха через антифриз, см3	21,0	30,0
Время исчезновения пены, с	2,2	3,0
Набухание стандартных образцов эталонных резин, % УИМ-1 57-5060 57-7011	4,4 2,7 1,9	 5,0
Водородный показатель, pH	8,0-8,5	9,1

На рисунке даны показатели вязкостных свойств экосолов «20» и «30» в зависимости от температуры. Для сопоставления на рисунке нанесены аналогичные показатели для ряда известных хладоносителей: водного раствора хлорида кальция, пропиленгликоля.



Динамическая вязкость μ различных хладоносителей в зависимости от температуры. 1. Хлорид кальция 25,7%, 2. Экосол 20, 3. Экосол 30, 4. Пропиленгликоль 40%

Как следует из рисунка, вязкость слабоконцентрированного экосола-20 сопоставима в соответствующем температурном диапазоне с вязкостью водного раствора хлорида кальция. Существенным здесь является то обстоятельство, что по условиям коррозии хлорид кальция не может быть применен в пластинчато-ребристых теплообменниках, выполненных из тонкого листа из алюминиевого сплава. Для более низкого диапазона температур сравнение вязкостей Экосола-30 и пропиленгликоля с температурой замерзания $t_з$= – 23°С показывает на более высокую вязкость последнего в среднем на 15…20%.

Таким образом, применение экосолов для охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции будет иметь ряд преимуществ:

1. Экологическая безопасность – изготавливается из реагентов, исполь-

Содержание

зуемых при производстве лосьонов, кремов и мазей для заживления ран, ссадин и порезов;

2. Хорошие смазывающие свойства – увеличивается срок службы сальниковых устройств центробежных насосов;

3. Пожаро- и взрывобезопасность;

4. Отсутствие коррозионного воздействия на различные металлы, используемые в системах охлаждения;

5. Лучшие теплофизические свойства по сравнению с рядом уже используемых и широко распространенных хладоносителей

6. Малая вязкость экосола при низких температурах – позволит уменьшить нагрузку на вал приводов электронасосов в системах охлаждения сельскохозяйственных продуктов;

7. Относительно низкая стоимость;

8. Увеличение энергетической эффективности с учетом всех вышеперечисленных свойств.

Список литературы:

1. Баранник В.П. Маринюк Б.Т. Низкотемпературные экологически чистые хладоносители // Холодильная техника. 2003. №6

2. Цветков О.Б. Лаптев Ю.А. Одно- и двух фазные жидкие хладоносители // Холодильная техника. 2004. №10

3. Кириллов В.В., Петров Е. Т. Пути оптимизации свойств хладоносителей контуров промежуточного охлаждения // Известия СПбГУНиПТ. 2003. №1

4. Генель Л. С., Галкин М. Л. Выбор промежуточных хладоносителей // Холодильный бизнес. 2005. №1.

5. Экосол: [Электронный ресурс] // URL: http://moskva-stroyka.ru/dizain/193-laquo_ekosol_raquo_greet_lechit.html

6. Экосол: [Электронный ресурс] // URL: http://ecosol-russia.ru/ecosol

Содержание

УДК:621.311.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЭС В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ю.В. Федоров, *асп.,* ***А.К. Сокольский,*** *канд. техн. наук,*
ГНУ ВИЭСХ, Москва

Обоснование целесообразности моделирования режимов работы ветроэлектрических станций в системах сельскохозяйственного электроснабжения.

Ключевые слова: *ветроэлектрическая станция,электроснабжение сельского хозяйства, параллельная работа ветроагрегата и электросети, эффективность применения ветроэлектрических установок.*

Rationale modeling operating modes wind power stations in the agricultural network.

Keywords: *wind power station, power supply of agriculture branch, parallel operation of wind turbine and network, the effectiveness of wind power plants.*

В России ветроустановки в настоящее время имеют локальный характер «произрастания». ВЭУ небольшой мощности, порядка 1…5 кВт, в паре с аккумулирующими батареями (АБ), дизельными или бензиновыми генераторами устанавливаются на территории частных домов и предприятий за счет собственных средств для обеспечения минимального резерва бесперебойного электроснабжения.

Тем самым, потребителям приходится довольствоваться малым. Устанавливая у себя и так не дешевые ветроустановки, они должны обеспечить себе гарантированную мощность с помощью АБ, у которых довольно короткий срок эксплуатации (не более 10 лет), или электростанций с ДВС, для работы которых необходим своевременный подвоз жидкого топлива. Подключение ВЭУ параллельно с общей электрической сетью позволит избавиться от необходимости в приобретении дорогостоящего дополнительного оборудования, что позволит приобретать более мощные установки; а, как известно, с увеличением мощности ВЭУ удельная стоимость установленной мощности снижается.

Однако не следует сразу же повсеместно устанавливать ветроустановки и ветростанции мощностью в несколько мегаватт. Следует помнить, что развитие ветроэнергетики в Европе и мире шло постепенно, а прирост установленной мощности единичного ветроагрегата исчислялся сначала киловаттами, а только потом мегаваттами.

Для наиболее благоприятного развития этой отрасли следует акцентировать внимание на строительство простых, надежных и требующих минимального обслуживания агрегатов, мощностью до 100 кВт, которой будет достаточно для питания крупного потребителя электроэнергии, изучить влияние на их работу нагрузки потребителя, общей электрической сети, погодных условий и других факторов. Для достижения поставленной цели са-

Содержание

мой подходящей опытной площадкой является сельское хозяйство нашей страны со всеми своими особенностями, а именно:

- ✓ большая территориальная рассредоточенность потребителей с различными климатическими условиями и разнообразностью ландшафта;
- ✓ большая номенклатура машинного оборудования при узкой специализации и кратковременности его использования;
- ✓ сезонность загрузки оборудования;
- ✓ наличие биологического фактора в производственных процессах. [1]

Исследование режимов работы и эффективности применения ветроэлектрических установок в сельскохозяйственных сетях позволит накопить опыт для их проектирования, производства, эксплуатации, а также дополнительно собрать данные по состоянию сельского хозяйства и электросетей. Это даст импульс для развития сельского хозяйства, ускорит модернизацию существующих систем электроснабжения, замену оборудования, повышения качества электрической энергии, и, следовательно, повышение качества и количества выпускаемой продукции, а также поможет в решении многих других задач, поставленных в государственной программе развития сельского хозяйства [2].

Переменные метеорологические характеристики, в частности непрерывное изменение скорости ветра, приводят к пульсации крутящего момента вала ветроколеса, приводящей к нежелательным изменениям выходных параметров генератора ВЭУ, следовательно, работа ветроустановок в составе электрических сетей и систем оказывает влияние на качество электроэнергии, загрузку сетей, баланс мощностей и энергий. Подключение ВЭУ к электрической сети может превысить ее технические возможности и стать причиной дополнительных затрат на усиление сети или наоборот.

Поэтому уже на начальных этапах проектирования системы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей или ее реконструкции следует решать вопросы, связанные с устойчивой и надежной работой станции, исключающей перегрузку ветродвигателя и генератора, недопустимое отклонение частоты и напряжения при коммутациях, пуске мощных потребителей или резком изменении момента вращения генератора ВЭУ вследствие переменных значений скорости ветра.

Такой анализ целесообразно в первую очередь проводить на математической модели. Для данного исследования авторы статьи предлагают использовать ПК MATLAB со встроенной системой визуального моделирования Simulink, который предназначен для математического моделирования линейных и не линейных динамических систем и имеющий обширную библиотеку блочных компонентов и удобный редактор блок-схем.

Имитационная модель включения энергии ветра в систему электроснабжения позволяет:

- ✓ определить типичные варианты суточного и годового производства энергии при различных долях ВЭС в общей установленной мощности системы электроснабжения и различных значениях параметров нагрузки;

✓ рассмотреть режимы работы агрегата при изолированной работе на выделенную нагрузку и параллельной работой с общей электрической сетью;

✓ анализировать переходные процессы при периодических пусках асинхронных двигателей разной мощности и рассчитать величину максимально допустимого наброса мощности нагрузки;

✓ исследовать устойчивость параллельной работы агрегата при аварийных возмущениях в энергосистеме различной электрической удаленности, а также при автоматическом выделении на автономную работу в результате потери электрической связи с энергосистемой;

✓ обосновать возможность подключения ВЭУ к общей энергосистеме и разработать общие рекомендации по предпочтительной схеме подключения к энергосистеме агрегатов подобного типа.

На модели была исследована работа синхронного генератора мощностью 3 МВт с газопоршневым приводным двигателем, которая доказала работоспособность модели. Например, была получена зависимость предельной нагружаемости генератора от его начальной загрузки (рис. 1).

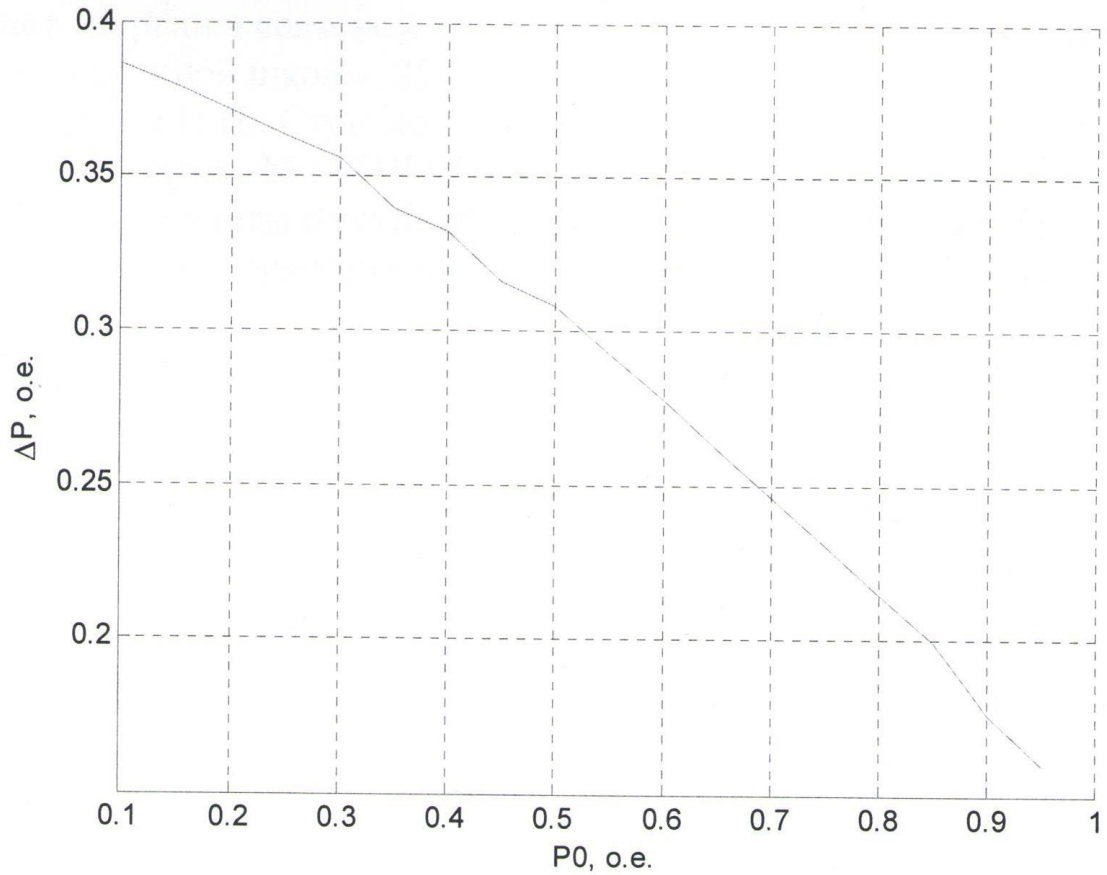


Рис. 1. Предельная нагружаемость в зависимости от начальной загрузки

В настоящее время ведется доработка модели ветроэлектрической установки, которая позволит полностью завершить имитационную модель и решить поставленные задачи исследования включения энергии ветра в систему электроснабжения сельского хозяйства.

Содержание

Список литературы

1. П.А. Рубцов, П.А. Осетров, С.П. Бондаренко, К.П. Савинков «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве», Москва, 1964 г.

2. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 «О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы».

Содержание