

На правах рукописи

ОСЬКИН Александр Сергеевич

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОАКТИВАТОРНЫХ УСТАНОВОК
ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНСЕРВАНТА
ПРИ СИЛОСОВАНИИ КУКУРУЗЫ**

Специальность: 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование
в сельском хозяйстве»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Краснодар - 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования
«Кубанский государственный аграрный университет»

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Курзин Николай Николаевич

Официальные оппоненты: Газалов Владимир Сергеевич
доктор технических наук, профессор, ГНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», ведущий научный сотрудник отдела электроэнергетики

Чеба Борис Павлович
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», доцент кафедры электрических машин

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ставропольский государственный аграрный университет»

Защита состоится «23» мая 2012 года в 13³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Кубанский ГАУ, корпус факультета энергетики и электрификации, ауд. № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

Автореферат размещён на сайте ВАК РФ <http://vak2.ed.gov.ru>

«___» апреля 2012 года.

Автореферат размещён на сайте Кубанского ГАУ <http://kubsau.ru>

«___» апреля 2012 года.

Автореферат разослан «___» апреля 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

В. С. Курасов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В последние годы АПК России стал устойчиво развиваться. Сегодня перед сельским хозяйством стоит задача повышения эффективности его функционирования и конкурентоспособности продукции на основе инновационного пути развития и широкой модернизации производства. Одним из основных направлений развития сельского хозяйства страны является всемерное развитие кормопроизводства. Так, например, правильное сбалансированное минеральное питание дойных коров приводит к их высокой продуктивности. Для этого необходимо создать эффективные технические средства для процессов заготовки и хранения кормов. Экологическая безопасность продуктов питания является особо важным критерием качества сельскохозяйственных культур. К сожалению, в последние годы значение этого критерия было на втором плане относительно прибыли, получаемой за счет резкого увеличения урожайности растений и привесов животных. В процессе заготовки и хранения кормов общие потери питательных веществ могут достигать более 30%. Консервирование кормов за счет внесения химических и биологических препаратов позволяет довести сохранность силосуемых кормов до 90-92%. В последние 10-20 лет приобрела распространенность технология консервирования с применением электроактивированных водных растворов. Как показывают результаты анализов силоса, качество корма очень высокое и зачастую превышает по отдельным показателям даже корм, полученный с применением биодобавок.

В настоящее время предприятиями выпускается большое количество электроактиваторов, предназначенных для работы в различных отраслях производства, в том числе и для сельского хозяйства. Однако применение таких агрегатов в сельском хозяйстве ограничено в связи с их низкими эксплуатационными характеристиками: не могут работать в условиях низкого качества электроэнергии; требуют дополнительное оборудование для очистки первичной воды (вода из артезианских скважин содержит большое количество примесей); требуется

частая профилактическая промывка установок кислотами; большая стоимость оборудования. Одна из основных причин низкой эффективности работы электроактиваторов конструкции Бахира В.М. – очень малые зазоры межэлектродного пространства.

Значительный вклад в разработку электроактиваторов, способных работать в условиях сельского хозяйства, внесли профессора Симонов Н.М., Чеба Б.П., Стародубцева Г.П. Оригинальные установки предложили Болтрик О.П., Сюсюра Н.А. При всем многообразии выпускаемых агрегатов есть проблемы и в теоретическом обосновании их режимов работы. Анализ литературных источников показал, что отсутствуют аналитические выражения, связывающие степень активации растворов с величиной потребляемой мощности, отсутствует методика расчета электроактиваторов под заданную производительность.

В нашей работе мы предлагаем новую конструкцию электроактиватора, разработанную с учетом специфики сельскохозяйственного производства. В ходе исследований была также разработана методика расчета параметров устройства, связывающая его мощность и значение водородного показателя. Работа выполнена согласно плану НИР Кубанского ГАУ по госбюджетной тематике 2006-2010 гг. (ГР 01.2.00606851) и 2011 – 2015 гг. (ГР 01.2.01153641).

Научная гипотеза – в условиях сельскохозяйственного производства показатели эксплуатационной эффективности электроактиваторных установок для заготовки кукурузного силоса можно увеличить, модернизировав конструкцию активатора путем увеличения водяных каналов и согласования параметров системы управления с параметрами электроактиватора.

Цель работы – повышение эксплуатационных показателей электроактиваторных установок для силосования кукурузы путем разработки системы управления с модернизацией конструкции электроактиватора с повышенным межэлектродным зазором.

Задачи исследования:

1. Получить аналитические зависимости потребляемой электроактиватором мощности от величины водородного показателя.

2. Разработать систему управления электроактиватором без нулевого провода, максимально адаптированную к сельскохозяйственным условиям, обосновать уровень необходимого диапазона регулирования напряжения.

3. Модернизировать конструкцию электроактиватора с увеличенными водяными каналами, экспериментально проверить ее работоспособность.

4. Экспериментально определить параметры предлагаемого электроактиватора и проверить работоспособность схемы управления совместно с электроактиватором.

5. Разработать инженерную методику расчета электроактиватора с улучшенными эксплуатационными показателями.

6. Произвести производственную проверку электроактиваторной установки с анализом качества законсервированного кукурузного силоса.

7. Определить экономическую эффективность внедрения электроактиваторной установки при силосовании кукурузы.

Объектом исследований является электроактиватор водного раствора и система управления его режимом работы при приготовлении анолита для консервирования кукурузного силоса.

Предметом исследований являются показатели эксплуатационной эффективности электроактиватора, параметры самого активатора и его системы управления.

Методика исследований базировалась на математическом анализе, на теоретических основах электротехники, натурном эксперименте, статистической обработке и графической интерпретации полученных данных.

Научная новина работы:

- впервые введен параметр d - удельная энергоемкость жидкости для изменения концентрации ионов, который вошел в формулу расчета мощности электроактиватора в зависимости от требуемого значения водородного показателя для отдельных камер по анолиту или католиту;

- получена аналитическая зависимость для определения значения водородного показателя активатора от его конструктивных и режимных параметров, а также от характеристик проходящей жидкости;

- в качестве режимных параметров введены: напряжение, производительность, постоянная времени по водородному показателю и удельное сопротивление смеси «жидкость-газ» в камере; регулировку и поддержание выходного значения водородного показателя необходимо проводить по напряжению и с учетом их квадратичной зависимости;

- согласованы параметры схемы управления с параметрами электроактиватора путем расчета углов управления синхроимпульсами тиристоров, что позволяет иметь широкий диапазон управления выходным напряжением, также предложена силовая схема выпрямления с оригинальным включением тиристоров, не имеющая связи с нулевым проводом, что позволяет разгрузить нейтраль сети и равномерно нагружать питающие фазы.

Практическая ценность результатов исследований:

- в соответствии с предложенными параметрами можно разрабатывать конструкции электроактиваторов для жидкостей с различным составом солей и различного назначения, обладающих высокоэффективными эксплуатационными показателями;

- разработана методика расчета электроактиватора, позволяющая получить необходимые конструктивные размеры отдельных составляющих установки и установить режимы работы в соответствии с характеристиками исходной жидкости;

- сконструировано устройство управления электроактиватором с параметрами, соответствующими электроактиватору, и максимально адаптированное сельским электрическим сетям;

- полученные вольт-амперные характеристики электроактиватора могут быть использованы при определении рационального режима установки при регулировании производительности во время эксплуатации;

- на основе анализа теоретических и экспериментальных данных сделан вывод о возможности расчетов степени активации по полученным формулам как по анолиту, так и по католиту, принять значение параметра d равным 10,1 кДж/кг, что позволит производить расчеты электроактиваторов и на другую производительность.

На защиту выносятся следующие положения:

- аналитическое выражение для расчета параметра d - удельная энергоемкость жидкости для изменения концентрации ионов, - который вошел в формулу расчета мощности электроактиватора в зависимости от требуемого значения водородного показателя для отдельных камер по анолиту или католиту;

- функциональная зависимость для определения значения водородного показателя активатора от его конструктивных, режимных параметров, а также от характеристик проходящей жидкости;

- установленные режимные параметры электроактиватора: напряжение, производительность, постоянная времени по водородному показателю и удельное сопротивление смеси «жидкость-газ» в камере; основным регулирующим параметром принято напряжение;

- результаты расчета углов управления синхроимпульсами тиристоров на базе устройства типа БУСТ, предложенная силовая схема выпрямления с оригинальным включением тиристоров, не имеющая связи с нулевым проводом;

- модернизированная конструкция электроактиватора с увеличенными расстояниями от электродов до диафрагмы (рекомендуется 3-5 мм), увеличена длина канала в камерах за счет введения поворотов на всей площади электродов;

- результаты экспериментальных испытаний электроактиватора в лабораторных и производственных условиях;

- методика расчета электроактиватора, его конструктивных и режимных параметров, связанных с характеристиками исходной жидкости;

- результаты сравнения показателей эксплуатационной эффективности электроактиватора типа «АКВАЭХА (АГРО)» с предлагаемой установкой получения анолита для консервации кукурузного силоса.

Реализация и внедрение результатов исследований. Электроактиватор с улучшенными эксплуатационными характеристиками внедрен в ЗАО «Прогресс» Гулькевического района Краснодарского края на ферме 1000 голов КРС. Методика расчета электроактиваторов и монография используются в учебном процессе Кубанского ГАУ.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на: 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (г. Краснодар, 2010 г.); научно-практических конференциях Ставропольского ГАУ (г. Ставрополь, 2010, 2011 г.); Международной научно-практической конференции (г. Саратов, 2010 г.); научно-практических конференциях Кубанского ГАУ (г. Краснодар, 2008 - 2011 гг.).

Публикации результатов работы. Основные результаты работы опубликованы в 12 печатных работах, в том числе одна монография и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 138 страницах, содержит 66 рисунков и 18 таблиц, введение, четыре главы, основные выводы по работе, список использованных источников и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** раскрывается актуальность исследований. Сформулированы цель работы, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены требования к качеству кукурузного силоса. Основу силосования составляет процесс молочнокислого брожения под воздействием микроорганизмов, размножающихся в анаэробных условиях. Эта широко используемая технология позволяет повысить кислотность зеленой массы, что способствует подавлению развития плесневых грибов, гнилостных и маслянокислых бактерий. Существенная особенность кукурузы заключается в относительно высоком содержании фракции растворимых углеводов. Высокое содержание сахаров при высокой влажности (70-75 %) может привести к образованию в больших количествах органических кислот (главным образом, молочной и ук-

сусной), что придает силосу кислый вкус и приводит к снижению его поедаемости животными. Для предотвращения потерь сухого вещества и сохранения высокой питательности в заготавливаемом кукурузном силосе используют различные закваски для силосования и консерванты. До создания специальных заквасок использовали, главным образом, химические консерванты. Сегодня применяются для силосования кукурузы: биопрепарат 'Биотроф-111', Биосиб - бактериальный препарат на основе молочнокислых и пропионовых бактерий. Используется микробиологический силосный консервант «Кормовая добавка «Лактофлор», биоконсервант БСК-1. О качестве силосованного корма можно судить по составу органических кислот, накопившихся при брожении (таблица 1).

Таблица 1 - Примерное соотношение кислот в силосе разного качества

Качество силоса	Реакция среды	Соотношение кислот
Очень хорошее	4,2 и ниже	Молочная -60% и более, уксусная - 40% и менее, масляная - 0%
Хорошее	4,5 и ниже	молочная - 40-60 %, уксусная - 60-40%, масляная - следы
Среднее	около 4,5	молочная - 40-60%, уксусная - 60-40%, масляная - до 0,2%
Плохое	выше 4,7	молочная - мало, масляная - значительно
Очень плохое	выше 5,5	преобладают летучие кислоты, в том числе и масляная

Рассмотрены производимые сегодня установки для получения электроактивированных растворов. Наибольшее распространение получило оборудование, разработанное под руководством Бахира В.М. Так, например, НПП «ИЗУМ-РУД» предлагает установку «АКВАЭХА (АГРО)» для получения электрохимических активированных растворов для консервирования кормов. Данный раствор получают из воды и высокоочищенной поваренной соли способом электрохимической активации (ЭХА). Основной частью установки является электрохимический реактор, который представляет собой блок гидравлически параллельно соединенных электролитических элементов, каждый из которых является самостоятельным проточным электрохимическим реактором. Через каждые 2000 - 2500 литров получения раствора анолита АКВАЭХА необходимо

проводить техническое обслуживание установки, заключающееся в промывке реакторов кислотным раствором с целью удаления катодных отложений на электродах. Для получения электроактивированных растворов при консервации силоса может также использоваться установка «Изумруд-Алмаз - 500». Все рассмотренные установки имеют низкое напряжение на электродах – до 24 В, что приводит к необходимости включения понижающего трансформатора и разработке габаритного выпрямительного устройства, работающего с большими токами нагрузки. Как правило, все установки связаны с подготовкой солевого раствора, что приводит к монтажу дополнительного оборудования, а это не всегда возможно в условиях сельскохозяйственного производства.

В электроактиваторе при протекании тока через электролит и находящуюся в растворе диафрагму происходит явление электродиализа. Кроме процесса электродиализа в межэлектродном пространстве происходит электрохимическая активация раствора. Электрохимическая активация – технология получения метастабильных веществ униполярным электрохимическим воздействием для последующего использования этих веществ в различных технологических процессах в период сохранения ими повышенной физико-химической и каталитической активности. Вода, активированная у катода (католит), обладает повышенной активностью электронов и имеет ярко выраженные свойства восстановителя. Вода, активированная у анода (анолит), характеризуется пониженной активностью электронов и проявляет свойства окислителя.

В процессе электроактивации в камерах изменяется значение водородного показателя - одного из важнейших свойств водных растворов – их кислотность (или щелочность), которая определяется концентрацией ионов H^+ и OH^- . Различные микроорганизмы весьма чувствительны к кислотности среды. Так, патогенные микробы быстро развиваются в слабощелочной среде, тогда как кислую среду они не выдерживают. Поэтому для консервирования продуктов используют, как правило, кислые растворы.

В растворе, помимо диссоциации солей, происходит слабая диссоциация воды.



В итоге в растворе образуется два вида катионов (Na^+ и H^+), если рассматривать только соль NaCl , и два вида анионов (Cl^- и OH^-). В ряду напряжений металлов натрий стоит намного левее водорода. Следовательно, восстановительные свойства атома натрия сильнее, чем атома водорода. Зато окислительные свойства иона Na^+ выражены слабее, чем иона H^+ , следовательно, на катоде будет восстанавливаться не металлический натрий, а водород:



Ионы натрия будут находиться в растворе до тех пор, пока полностью не разрядятся ионы водорода. К аноду направятся анионы Cl^- и OH^- , восстановительные свойства которых также неодинаковы (ряд анионов, расположенных в порядке увеличения способности к окислению). Анионы Cl^- окисляются легче, чем OH^- , поэтому на аноде будет происходить процесс:



В большинстве случаев анионы, состоящие из атомов одного элемента, такие, как Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , окисляются на аноде быстрее, чем гидроксид-ион. При электролизе раствора поваренной соли на электродах получают водород и хлор, а в растворе остаются ионы Na^+ и OH^- . Следовательно, при работе проточного активатора с анодной камеры будет выходить раствор с гидроксид-ионами, а с катодной раствор с ионами Na^+ и с ионами других металлов.

Производительность электроактиваторов зависит от содержания солей в исходной воде и от величины межэлектродного пространства. Чем меньше это расстояние, тем меньше затрачивается энергии на получение активированного раствора. Однако при малых расстояниях большая вероятность «забивания» межэлектродного пространства выпавшими в осадок солями. В связи с этим необходима дополнительная водоочистка исходного продукта. Как показывают исследования, на процесс электроактивации будет оказывать влияние вид течения жидкости – ламинарный или турбулентный. При турбулентном движении процесс активации будет происходить более активно. Турбулентный режим

можно создать только при увеличенных межэлектродных расстояниях (свыше 5 мм). Опыт эксплуатации диафрагменных активаторов доказывает постепенное повышение сопротивления мембраны, вследствие «забивания» ее выпадающими в осадок солями. Это необходимо учитывать в системе управления электроактивацией. Такая система должна также учитывать возможные изменения давления исходной воды. Устройство управления должно иметь широкий диапазон регулирования по напряжению и возможность подключения потребителя мощностью до 50 кВт.

Качество сельских электрических сетей очень низкое (низкая пропускная способность сети из-за малого сечения проводов, пониженное напряжение, колебания питающего напряжения, зачастую высокая несимметрия напряжений трехфазной сети) и поэтому лучше схемы управления электроактиваторами делать трехфазными или без нулевого провода, или с нулевым, но максимально разгруженным. Анализ литературных источников показал, что отсутствуют аналитические выражения, связывающие степень активации растворов с величиной потребляемой мощности.

В работе выдвинута научная гипотеза, сформулирована цель работы и задачи исследований.

Во второй главе, на основе аналогии расчетов для проточного водонагревателя получены формулы для определения основных параметров электроактиватора. Сделано предположение о равенстве постоянных времени по нагреву и водородного показателя. Так, по аналогии с формулой для электроводонагревателя и учитывая законы Фарадея для электролиза, получена формула для расчета мощности электроактиватора (отдельной камеры по анолиту или католиту):

$$P = \frac{Q \cdot \rho_{ж} \cdot d \cdot \lg \frac{C_u}{C_{вых}}}{\eta_{рн}}, \quad (4)$$

где d - удельная энергоемкость жидкости для изменения концентрации ионов, Дж/кг; C_u , $C_{вых}$ - концентрация ионов, соответственно, в исходной в выходной

жидкости, моль/л; $\eta_{рн}$ - КПД активатора по изменению концентрации ионов; Q - производительность, м³/с.

Формулу (4) лучше представить в виде

$$P = \frac{Q \cdot \rho_{ж} \cdot d \cdot (рН_u - рН_{вых})}{\eta_{рн}}, \quad (5)$$

где $рН_u$ $рН_{вых}$ - значения водородного показателя соответственно входной и выходной жидкости; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³.

Физический смысл постоянной d заключается в следующем – количество энергии, которое необходимо сообщить 1 кг жидкости, для того, чтобы концентрация ионов в ней изменилась в 10 раз (или изменился водородный показатель на единицу). Значения этой постоянной будут зависеть от содержания солей и других примесей в исходной воде, а также от эффективности диафрагмы. Коэффициент полезного действия активатора будет зависеть от его конструкции, в частности от межэлектродного расстояния, от формы каналов, и т.д. Параметр d можно определить экспериментально при известных остальных физических величинах.

Обозначим $\frac{d}{\eta_{рн}} = d'$ - удельная энергоёмкость жидкости для изменения

концентрации ионов с учетом КПД активатора. Так как общая мощность электроактиватора будет складываться из двух составляющих камер - анодной и катодной, то формула для расчета мощности активатора будет выглядеть следующим образом

$$\begin{aligned} P_{общ} &= P_A + P_K + P_D = Q_A \cdot \rho_{жA} \cdot d' \cdot \Delta рН_A + Q_K \cdot \rho_{жK} \cdot d' \cdot \Delta рН_K + P_D = \\ &= d' (Q_A \cdot \rho_{жA} \cdot \Delta рН_A + Q_K \cdot \rho_{жK} \cdot \Delta рН_K) + P_D, \end{aligned} \quad (6)$$

где P_A P_K - мощности, выделяемые в анодной и катодной зонах, соответственно; P_D - мощность, выделяемая в порах при прохождении тока через диафрагму.

Водопроводная вода содержит в растворенном виде соли и другие химические соединения, молекулы которых диссоциируют в воде на ионы, сообщая ей ионную (электролитическую) проводимость. Удельное электрическое сопротивление воды зависит от концентрации солей. Электрическое сопротивление электролитов существенно зависит от температуры. Удельное сопротивление воды подчиняется известной зависимости только до наступления заметного парообразования, интенсивность которого зависит от давления и плотности тока в электродах. Кроме процесса парообразования в активаторе на электродах идет процесс газообразования: на катоде восстанавливается водород, а аноде – хлор.

Получена формула для определения изменения водородного показателя для анодной камеры:

$$\Delta p H_A = \frac{U_A^2}{\rho_{см}^A \cdot Q_A \cdot D_{жс} \cdot K}, \quad (7)$$

где $K = \frac{l}{S}$ - конструктивный параметр активатора, связан только с конструкцией самого активатора; $D_{жс} = d' \cdot \rho_{жсA}$ - параметр жидкости, связан с ее плотностью и способностью к активации; $\rho_{см}^A$ - удельное сопротивление смеси «вода – хлор» или «вода-водород»; U_A - напряжение на анодной камере; Q_A - производительность анодной камеры.

Аналогично будет выглядеть формула для расчета водородного показателя катодной зоны.

При создании систем автоматического управления режимом электроактиватора требуется учитывать постоянные времени для анодной и катодной зон электроактиватора. Таким образом, общий вид функциональных зависимостей будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta p H_A = f(T_A, U_A, Q_A, \rho_{см}^A, K, D_{жс}) \\ \Delta p H_K = f(T_K, U_K, Q_K, \rho_{см}^K, K, D_{жс}) \end{cases}, \quad (8)$$

где T_A T_K - постоянные времени соответственно для анодной и катодной зон электроактиватора.

В результате исследований, была получена электрическая схема, представленная на рисунке 1. Чтобы не перегружать нулевой провод 3-х фазной сети была изменена схема управления тиристорами. Особенностью схемы управления является применение серийно выпускаемого устройства для управления тиристорами БУСТ. В отличие от стандартного включения устройства БУСТ является подключение цепей управления тиристоров и отсутствие нулевого провода сети. Тиристоры открываются попарно VS1 и VS2; VS3 и VS4; VS5 и VS6, но управление получают от синхроимпульсов с разных фаз. В моменты прохождения фазных синусоид через ноль в устройстве БУСТ формируется синхроимпульсы, необходимые для управления тиристорами, то есть через каждые 60° (все полуволны фазных напряжений сдвинуты во времени на 60°). Таким образом, по каждой фазе и каждому тиристоры углы управления составят:

$$\begin{cases} \alpha_A^1 = (0^\circ + k180^\circ); \alpha_A^2 = (180^\circ + k180^\circ) \\ \alpha_B^1 = (240^\circ + k180^\circ); \alpha_B^2 = (60^\circ + k180^\circ) \\ \alpha_C^1 = (120^\circ + k180^\circ); \alpha_C^2 = (300^\circ + k180^\circ) \end{cases}, \quad (9)$$

где $\alpha_A^1 - \alpha_C^2$ - соответствующие фазовые углы управления тиристорами, k - коэффициент управления, изменяется от 0 до 1.

На рисунке 2 представлена диаграмма линейного напряжения АВ с зонами управляющих синхроимпульсов от каждой фазы. Если пару тиристоров из фазы А включить на линейное напряжение АВ, то видно, что управление начнется только через 30° и закончится на 180° . При этом форма напряжения при минимальном угле открытия тиристоров будет такая, как представлена на рисунке 2, а при максимальном - как на рисунке 3. Включение тиристоров и соответствующие углы управления следует переключить следующим образом:

$$\begin{cases} \alpha_{AB}^A = \alpha_C^1 = (120^\circ + k180^\circ); \alpha_{AB}^B = \alpha_C^2 = (300^\circ + k180^\circ) \\ \alpha_{CA}^C = \alpha_B^1 = (240^\circ + k180^\circ); \alpha_{CA}^A = \alpha_B^2 = (60^\circ + k180^\circ) \\ \alpha_{BC}^B = \alpha_A^2 = (180^\circ + k180^\circ); \alpha_{BC}^C = \alpha_A^1 = (0^\circ + k180^\circ) \end{cases}, \quad (10)$$

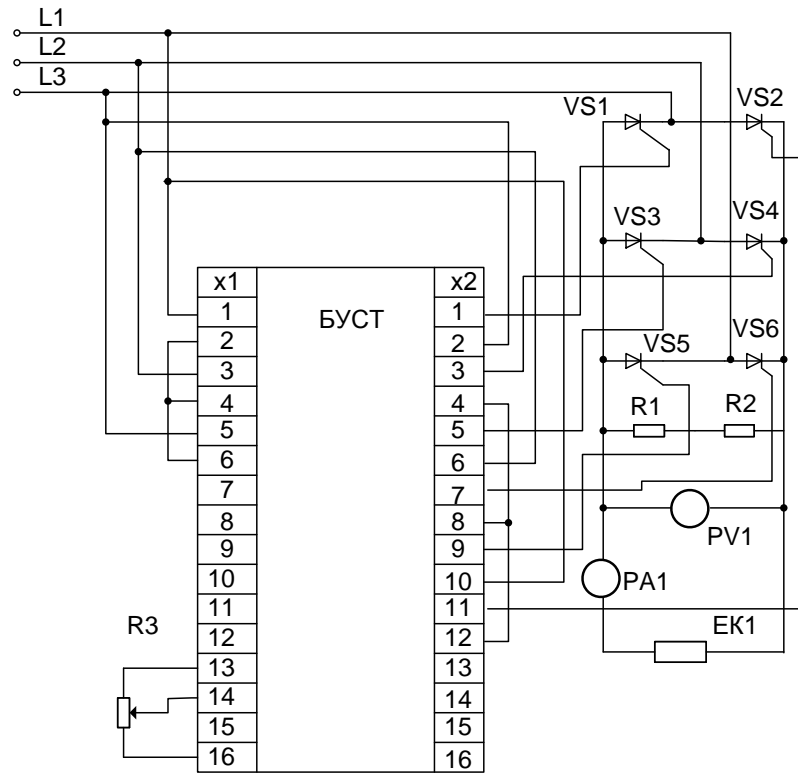


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная управления электроактиватором для силосования кукурузы

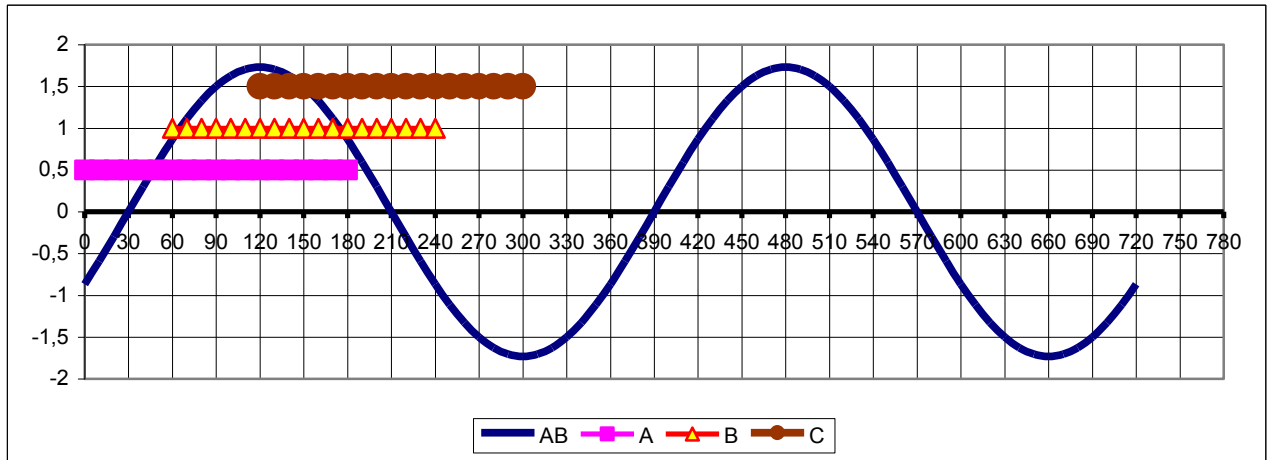


Рисунок 2 – Диаграмма линейного напряжения трехфазной цепи с нанесением зоны управляющих импульсов

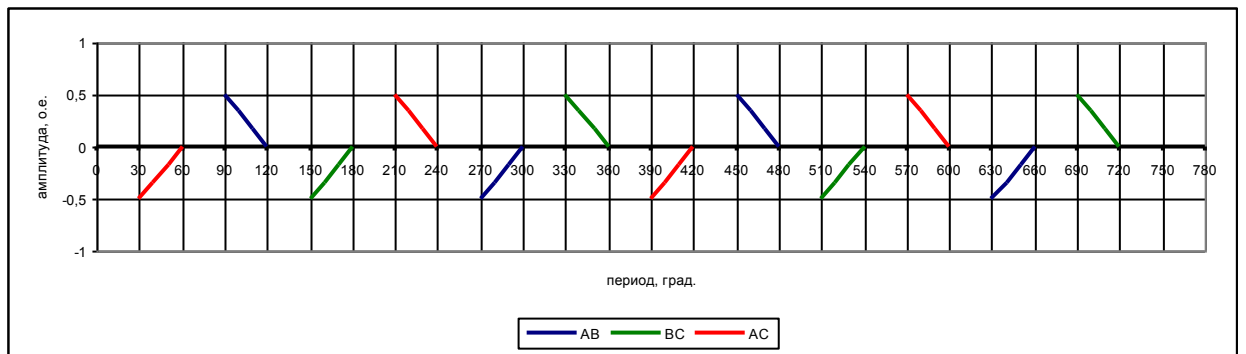


Рисунок 3 – Диаграммы напряжений при выпрямлении и при максимальном угле открытия тиристоров

Регулирование можно будет производить как в ручном режиме – с помощью резистора R3, так и автоматически по сигналам, поступающим от датчиков тока или проточного рН-метра с использованием ПИД-регулятора.

Третья глава посвящена экспериментальной проверке теоретических исследований. Целью лабораторного эксперимента было получить графики изменения температуры и водородного показателя при изменении подводимой мощности, а также расхода жидкости. Изготовив макетный образец однофазного электроактиватора, было произведено его подключение по гидравлической схеме (рисунок 4).

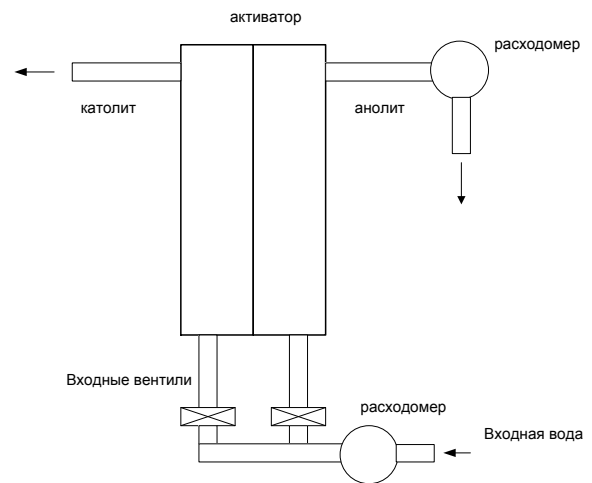


Рисунок 4 - Внешний вид установки и ее гидравлическая схема

На основании экспериментальных данных построены графики изменения водородного показателя и температуры от времени при постоянной производительности и регулировании подаваемой мощности (рисунок 5).

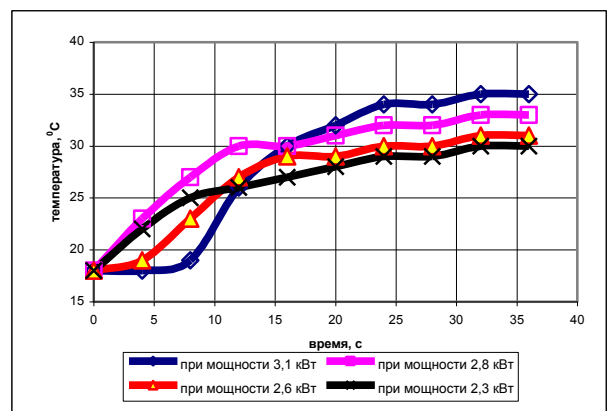
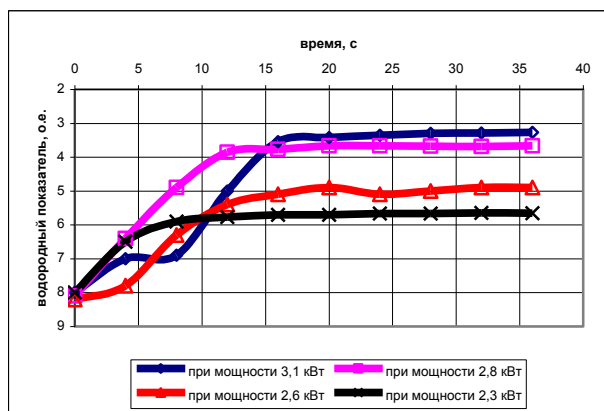


Рисунок 5 - График изменения водородного показателя и температуры на выходе от времени при различной подаваемой мощности

Как видно из графиков (рисунок 5), они имеют очень схожий вид переходного процесса и близкие постоянные времени. Постоянную времени определяли известным методом трех точек. Сравнение теоретических и экспериментальных данных показывает, что относительная ошибка по рассматриваемым физическим характеристикам находится в интервале от 0 до 8,4%.

Графическая интерпретация совпадения теоретических и экспериментальных данных по постоянным времени приведена на рисунке 6.

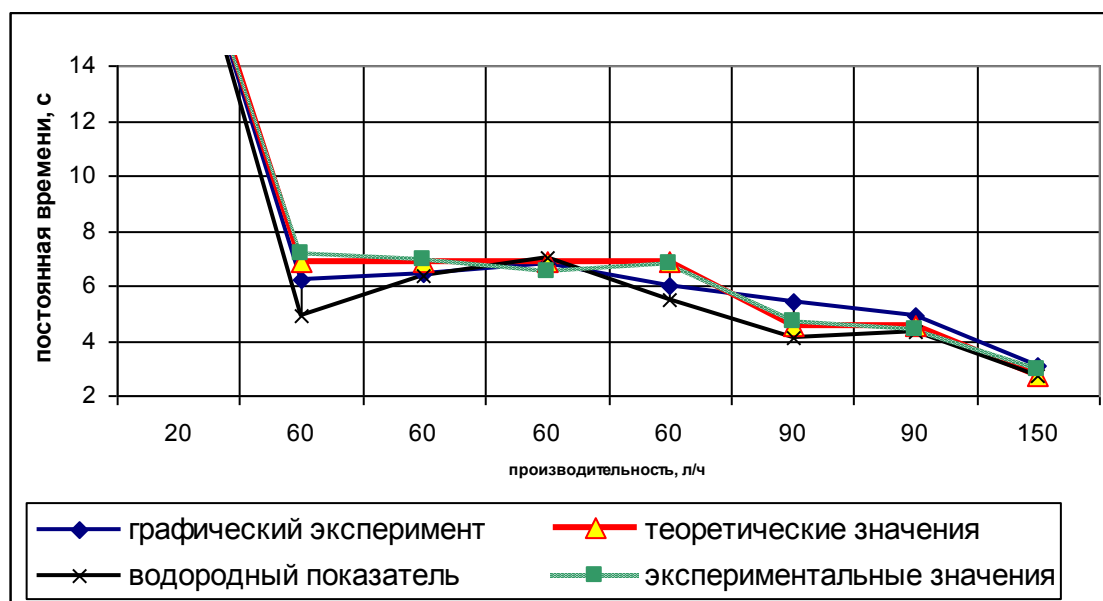


Рисунок 6- Графическое представление совпадения теоретических и экспериментальных данных по постоянной времени.

На основе полученных экспериментальных данных определяли удельную энергоёмкость жидкости для изменения концентрации ионов d'_{pH} :

$$d'_{pH} = \frac{P}{Q \cdot \rho_{жс} \cdot (pH_u - pH_{вых})} \quad (11)$$

Были рассчитаны значения d'_{pH} , определена необходимая мощность активации, сделан вывод о возможности расчетов степени активации по полученным формулам как по анолиту, так и по католиту. Из эксперимента также видно, что фактическая мощность выше, чем расчетная, особенно при малых производительностях (рисунок 7). Это можно объяснить процессом смешивания растворов уже на выходе активатора, а также появлением второй стадии химических про-

цессов – нейтрализацией ионов гидроксила и восстановлением металлов, в первую очередь натрия. В дальнейших расчетах необходимо принять значение параметра $d'_{рн} = 10,1 \frac{кДж}{кг}$.

$$d'_{рн} = 10,1 \frac{кДж}{кг}$$

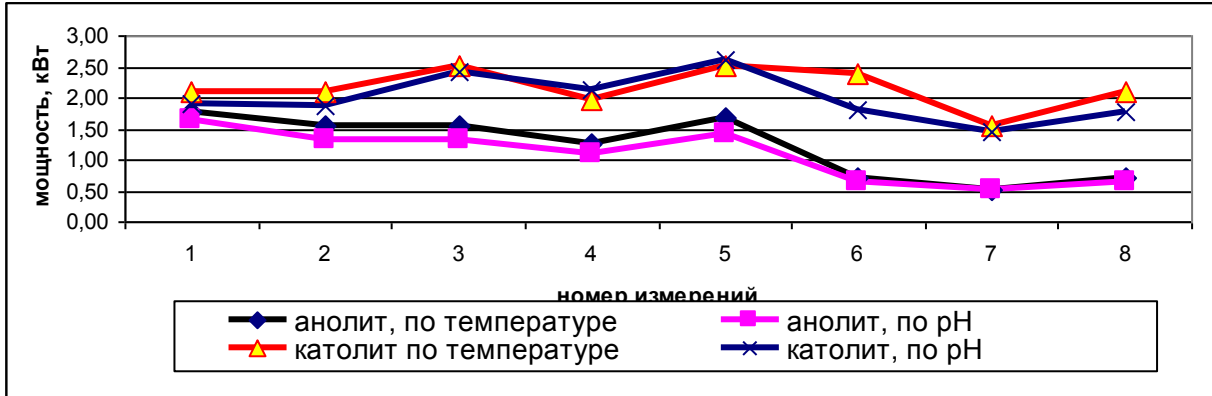


Рисунок 7 - Графическое представление совпадения расчетных значений мощности по температуре и водородному показателю для анолита и католита

Анализ вида вольт-амперной характеристики и зависимостей сопротивления раствора от напряжения (рисунок 8) показывает, что сначала сопротивление падает, что закономерно и связано с повышением температуры, а затем увеличивается. Это можно объяснить появлением пузырьков газов – активно начинают проходить процессы первой фазы активации, связанной с появлением газообразного водорода и хлора. Предложена методика расчета электроактиватора одновременно с расчетом установки, все конструктивные и режимные параметры сведены в таблицу 2.

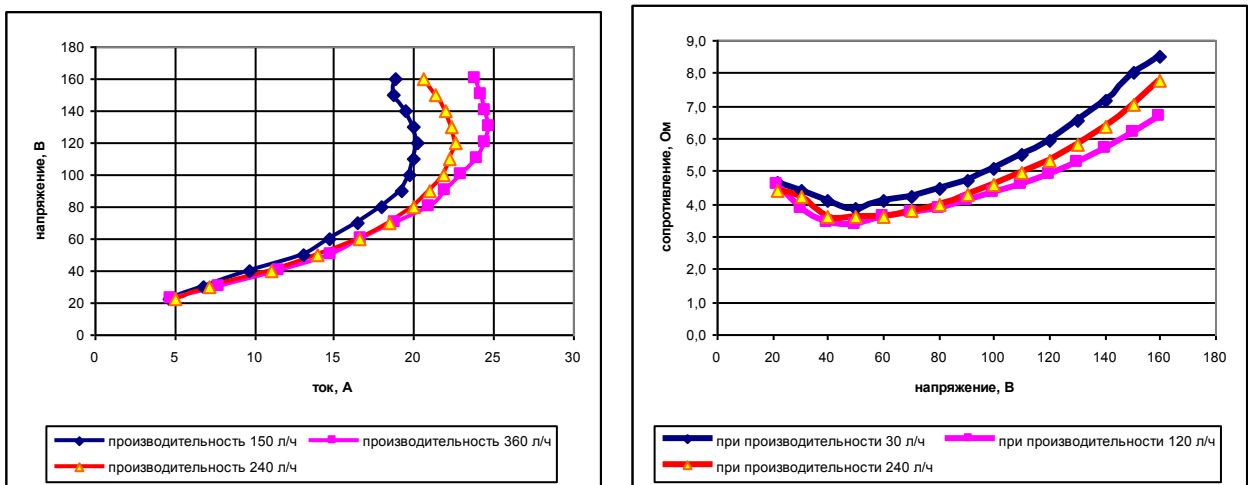


Рисунок 8 – Вольт-амперные характеристики и зависимость сопротивления раствора анолита от напряжения активатора при различных производительностях

Таблица 2 – Конструктивные, режимные параметры активатора и характеристики жидкости

Конструктивные		Жидкость		Режимные	
параметр	значение	параметр	значение	параметр	значение
Конструкт. К	0,38 см ⁻¹	Начальная температура	15°С	Производительность по анолиту	520 л/ч
Активная площадь электродов	0,138 м ²	Конечная температура	26°С	Диапазон потребляемой мощности	16 - 20 кВт
Расстояние от электрода до диафрагмы	5 мм	Удельное сопротивление при 20°С	1600 Ом·см	Диапазон регулирования напряжения	152-184 В
Толщина диафрагмы	2 мм	Удельная энергоёмкость жидкости для изменения концентрации ионов d'	10,1 кДж/кг	Диапазон регулирования напряжения от блока питания	0-220 В
Коэффициент уменьшения естественной площади диафрагмы	0,66	Параметр, связанный с ее плотностью и способностью к активации D_a	10100 кДж/м ³	Диапазон изменения тока активатора	103-120 А
Масса активатора	28 кг	Водородный показатель исходной жидкости	7,5	Сопротивление анодной камеры	0,58 Ом
Габаритные размеры	900X190 X142 мм	Водородный показатель анолита	3	Диапазон изменения сопротивления диафрагмы	0,31 Ом - 0,62 Ом
Объем анодной камеры	690 см ³	Водородный показатель католита	11	Плотность тока	0,11 А/см ²
Общая длина пути активации	1,94 м			Постоянная времени	5 с

Хозяйственный эксперимент проходил в ЗАО «Прогресс» Гулькевичского района. Контроль водородного показателя проводился с помощью прибора И-500. Транспортирование консерванта производилось в прицепных емкостях по 2,5 м³ (рисунок 9). Подачу консерванта проводили насосом, установленном на прицепе (рисунок 9). Неравномерность внесения консерванта по поверхности слоя не превышает (5-10)±2 %, неравномерность проникновения в зеленую массу на глубину до 40 мм (толщина слоя 50-70 мм) составляет (20-34)±4 %.

После закладки на хранение пробы силоса отправлялись на заключение в специальную лабораторию. В этих заключениях говорилось о высоких качественных показателях. Отмечено также значительное снижение нитратов по сравнению с консервированием на основе биологических заквасок.

В четвертой главе проведено определение эксплуатационных показателей экономической эффективности оборудований. Сравнение производилось с уста-

новкой «АКВАЭХА (АГРО)», а также с биологическим консервантом для сенажа и силоса БИОТРОФ-111. Чистый дисконтированный доход, при уровне доходности 14% и уровне инфляции 8% ЧДД будет равен 606 тыс. руб. на молочно-товарной ферме на 2000 голов КРС.



Рисунок 9 - Заправка в емкости электрохимического консерванта и внесение его в силос

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Получена формула расчета мощности электроактиватора в зависимости от требуемого значения водородного показателя для отдельных камер по анолиту или католиту. В расчетной формуле впервые введен параметр d - удельная энергоемкость жидкости для изменения концентрации ионов.

2. Выведена аналитическая зависимость для определения значения водородного показателя активатора от его конструктивных, режимных параметров, а также от характеристик проходящей жидкости. В качестве режимных параметров введены: напряжение, производительность, постоянная времени по водородному показателю и удельное сопротивление смеси жидкости-газа в камере. Регулировку и поддержание выходного значения водородного показателя необходимо проводить по напряжению с учетом их квадратичной зависимости.

3. Разработана схема управления режимами работы электроактиватора. Согласованы параметры схемы управления с параметрами электроактиватора путем расчета углов управления синхроимпульсами тиристоров, что позволяет иметь широкий диапазон управления выходным напряжением, также предложе-

на силовая схема выпрямления с оригинальным включением тиристорov, не имеющая связи с нулевым проводом, что позволяет разгрузить нейтраль сети и равномерно нагружать питающие фазы.

4. Произведена модернизация электроактиватора – увеличены расстояния от электродов до диафрагмы (рекомендуется 3-5 мм), что позволяет подавать напряжение на активатор соизмеримое с напряжением сети; увеличена длина канала в камерах за счет введения поворотов на всей площади электродов, что привело к повышению конструктивного коэффициента и созданию турбулентного движения воды.

5. Подтверждено предположение о равенстве постоянных времени нагрева и водородного показателя. Относительная ошибка расхождения между физическими постоянными не превысила 10%. Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод о возможности расчетов степени активации по полученным формулам как по анолиту, так и по католиту, и принять значение параметра d , равным 10,1 кДж/кг. Относительная ошибка теоретических расчетов не превышает 15%.

6. Анализ вольт-амперных характеристик электроактиватора показывает, что его сопротивление первоначально уменьшается, что закономерно и связано с повышением температуры, а затем постепенно увеличивается. Такое увеличение можно объяснить появлением пузырьков газов – протекание химических процессов первой фазы активации, связанной с появлением газообразного водорода и хлора. В процессе испытаний разработанного устройства управления подтвержден проектируемый диапазон регулирования напряжения и возможность точной установки водородного показателя на выходе электроактиватора.

7. Разработана методика расчета электроактиваторной установки для силосования кукурузы, которая позволяет получить необходимые конструктивные и режимные параметры одновременно с характеристиками активируемой жидкости. На основе данной методики рассчитан и изготовлен электроактиватор производительностью 520 литров в час, проведены его хозяйственные испытания в

ЗАО «Прогресс», Гулькевического района на ферме КРС. С помощью данного активатора заготовлено 1600 т кукурузного силоса 1-й категории.

8. На примере молочно-товарной фермы на 1000 голов КРС произведено сравнение показателей эксплуатационных затрат электроактиваторов и биопрепарата на заготовку кукурузного силоса в объеме 15000 тонн. Сравнение производилось нового электроактиватора с установкой АКВАЭХА (АГРО) и с использованием экологически чистого биопрепарата БИОТОРФ -111. Было установлено, что применение нового электроактиватора для получения консерванта приводит к удельным эксплуатационным затратам в размере 399,5 руб./м³, а использование установки АКВАЭХА (АГРО) – 669 руб./м³, что в 1,7 раза меньше, чем в предлагаемом варианте. Общие эксплуатационные затраты по новому электроактиватору составили 63920 руб., по установке АКВАЭХА (АГРО) – 107040 руб., а по биопрепарату – 214660 руб.

Основные положения диссертации опубликованы

- в изданиях рекомендованных ВАК:

1. Оськин А.С. Расчет электроактиватора воды /А.С. Оськин, Н.Н. Курзин, - Труды Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар: КубГАУ, 2011. -№ 5(32). - С. 195-198.

2. Оськин А.С. Основы расчета параметров электроактиватора воды / А.С. Оськин // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2011. - № 05(69). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/05/pdf/20/>.

- в прочих изданиях:

3. Оськин А.С. Пути повышения эффективности проточных электроактиваторов водных растворов для силосования кукурузы /А.С. Оськин // Университет. Наука: Научный журнал /1. - Краснодар: ЭДВИ, 2010. - С. 197-199.

4. Оськин А.С. Повышение эффективности проточных электроактиваторов водных растворов для силосования кукурузы / А.С. Оськин, С.В. Оськин, Н.Н. Курзин, А.Г. Запашный. - Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. №1-2, 2010. - С. 91-93.

5. Оськин А.С. Использование электротехнологического способа получения консерванта для кукурузного силоса / А.С. Оськин, Н.Ю. Курченко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. - Краснодар: КубГАУ, 2010. - С. 418-420.

6. Оськин А.С. Использование электротехнологического способа получения консерванта для силоса / А.С. Оськин, Н.Ю. Курченко // Университет. Наука. Идеи и решения: Научный журнал /2. - Краснодар: КРОН, 2010. - С. 147-149.

7. Оськин А.С. Способ расчета основных параметров электроактиватора воды / А.С. Оськин // Университет. Наука. Идеи и решения: Научный журнал /2. - Краснодар: КРОН, 2010. - С. 159-160.

8. Оськин А.С. Пути повышения эффективности проточных электроактиваторов водных растворов / А.С. Оськин // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы международной научно-практической конференции. - Саратов: «КУБиК», 2010. - С. 256-258.

9. Свид. РФ № 201164146. Программа для расчета электроактиватора / Оськин А.С., Волошин А.П.; заявитель и правообладатель КГАУ. - № 2011612233; заявл. 1.04.2011; опубл.26.05.2011. - 23 с.

10. Оськин А.С. Технология силосования зеленой массы кукурузы с использованием экологически чистого электроактивированного консерванта / С.В. Оськин, А.С. Оськин, Н.М. Симонов, Е.Н. Симонова // Монография, Краснодар: ООО «Крон», 2011. - 172 с.

11. Оськин А.С. Особенности работы электроактиваторов экологически чистых водных растворов /А.С. Оськин, Н.М. Симонов. - Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. №1-3, 2011. - С. 124-131.

12. Оськин А.С. Расчет электроактиватора воды / С.В. Оськин, А.С. Оськин // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрического оборудования в промышленности и сельском хозяйстве: Сб. научн. тр. Ставропольский ГАУ.- Ставрополь: Агрус, 2011. – С. 202-210.