МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЯРОСЛАВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК

Сборник научных трудов по материалам
Международной научно-практической конференции

Ярославль, 2-3 ноября 2016 г.

Ярославль
2016

УДК 631.172
ББК 31.15
О 62

Оптимизация электротехнологий в АПК [Текст]: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической
О 62 конференции. Ярославль, 2-3 ноября 2016 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2016. – 120 с.
ISBN 978-5-98914-173-9

В материалах конференции представлены результаты исследований ученых, преподавателей и обучающихся высших учебных заведений Российской Федерации и Республики Беларусь.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, а также для работников агропромышленного комплекса. Может использоваться в учебном процессе в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

УДК 631.172
ББК 31.15

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ:

Воронова Л.В.	– главный редактор, к.э.н., профессор, ректор;
Суховская А.М.	– заместитель главного редактора, к.э.н., доцент, проректор по учебно-научной работе и международным связям;
Дорохова В.И.	– ответственный секретарь, к.э.н., доцент, начальник управления по научной работе и международному сотрудничеству;
Шешунова Е.В.	– редактор, к.т.н., декан инженерного факультета, заведующая кафедрой «Механизация сельскохозяйственного производства»;
Соцкая И.М.	– член совета, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Технический сервис»;
Орлов П.С.	– член совета, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрификация»;
Шмигель В.В.	– член совета, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Электрификация»;
Ананьин Г.Е.	– ответственный секретарь, к.п.н., ст. преподаватель кафедры «Электрификация», менеджер по научной и профориентационной работе инженерного факультета;
Богословская Е.А.	- ответственный секретарь, начальник редакционно-издательского отдела.

ISBN 978-5-98914-173-9
© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2016
© Авторы статей, 2016

УДК 621.311

СИСТЕМА СБОРА МЕТАНА В ПОМЕЩЕНИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЫ И ГЕНЕРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Обучающийся В.А. Бариль
(*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия*)

Ключевые слова: животноводческая ферма, метан, электроэнергия.

Предлагается система сбора метана в помещении животноводческой фермы с количеством стада 200 голов и более.

METHANE COLLECTION SYSTEM INDOOR LIVESTOCK FARMS AND GENERATION OF RENEWABLE ELECTRICITY

Student V.A. Baril
(FSBEI HE Volgograd SAU, Volgograd, Russia)

Keywords: animal farm, methane, electricity.

A system of methane gas collection indoor livestock farms with the number of herds of 200 head or more.

Метан – углеводород, бесцветный газ без запаха, химическая формула – CH_4. Кроме природных запасов, большая доля метана от общего числа на планете приходится на сельскохозяйственный сектор, а именно на животноводство. Метан образуется в процессе жизнедеятельности бактерий в желудках животных и уходит в атмосферу при отрыжке дыхательным путем.

Метан является самым экономичным топливом, которое требует минимальных затрат на переработку, т.е. это фактически готовое топливо, не требующее значительной переработки, кроме сжатия и осушки. Самое широкое применение он получил в качестве топлива для газомоторных автомобилей. Кроме того, метан является экологическим топливом, в это же время до 90% загрязнений в крупных городах составляют выхлопы транспорта, который использует бензин и солярку [1, 2, 3]. Сбор метана непосредственно в животноводческих помещениях не осуществляется, хотя на метан, вырабатываемый животными, приходится 15% общей доли этого газа на планете. За последние сто пятьдесят лет концентрация метана в атмосфере возросла примерно в 2,5 раза, причем третья часть попала туда благодаря домашним животным. Российские ученые в Институте глобаль-

ного климата и экологии Росгидромета и РАН исследовали загрязнения атмосферы. Оказалось, что сельскохозяйственные животные России выделяют в атмосферу несколько миллионов тонн метана в год.

Цель работы: разработка ресурсосберегающей системы генерирования электроэнергии за счет сжигания метана, собранного в помещении животноводческой фермы.

Методика

Существенной особенностью, позволяющей эффективно собирать метан, является приточно-вытяжная вентиляция помещения фермы. Предлагается расположить систему трубопроводов вытяжной вентиляции в непосредственной близости от потолка. Так как метан легче воздуха, он накапливается вверху помещения и затем поступает в вентиляционный трубопровод. При помощи вытяжной вентиляции воздушная смесь перекачивается в мембранное газоразделительное устройство, расположенное снаружи на стене фермы, где происходит распределение газовых потоков в мембранном модуле [4]. Схема концентрирования метана приведена на рисунке 1.

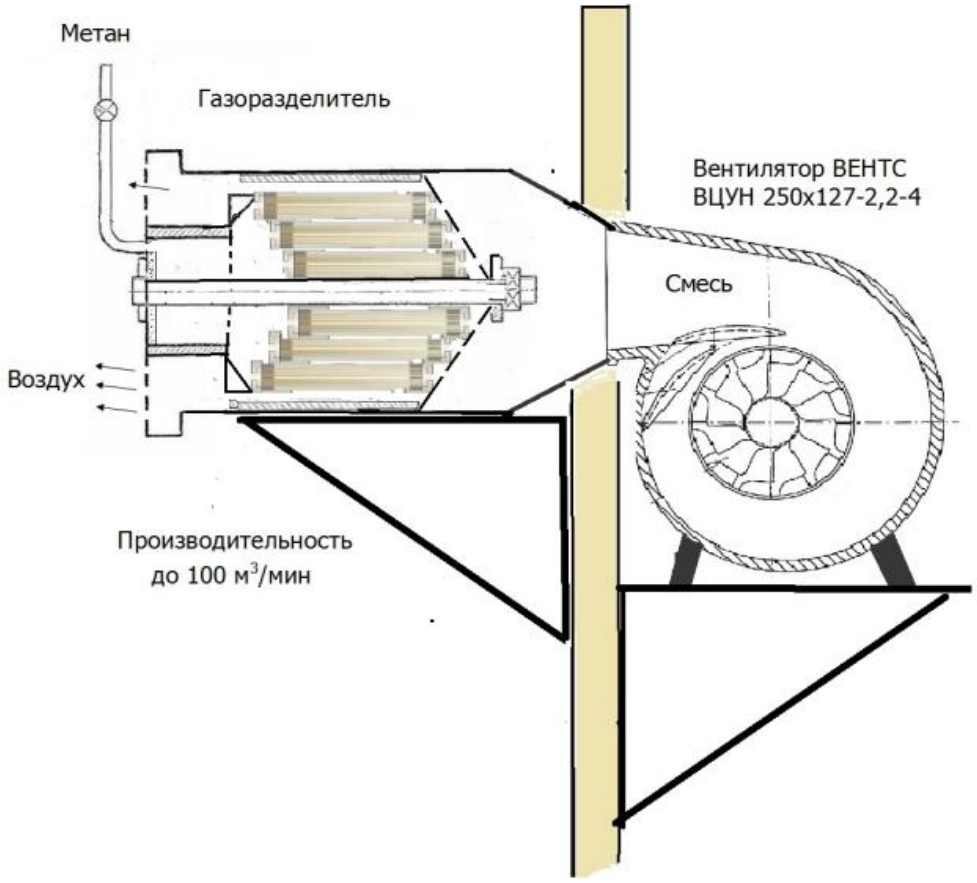


Рисунок 1 – Схема концентрирования метана

Мембраны позволяют с высокой эффективностью концентрировать метан из смеси с азотом и кислородом. Концентрирование метана мембранным методом основано на преимущественном проникании сквозь мембрану (поток низкого давления) метана и паров воды и концентрировании в остаточном потоке (поток высокого давления) азота и кислорода.

Мембранные установки обладают одним важным достоинством: они легко адаптируются к изменению требуемого объема подготавливаемого газа и изменению состава исходного газа, что весьма актуально, так как содержание метана в животноводческой ферме непостоянно. Мембранные установки исключительно просты в обслуживании, надежны, т.к. в мембранной установке отсутствуют движущиеся элементы.

Собранный метан может быть невостребованным непосредственно во время сбора, поэтому простым решением в этом случае может быть применение своего собственного компрессора для сжатия метана. Компрессор применяют для того, чтобы сжать и заправить метаном баллоны давлением 200 бар, что позволит использовать собранный метан для генерации собственной электроэнергии. Мембранные модули компании «Грасис», установленные в вентиляционной системе, увеличивают концентрацию метана на 35%, что обеспечивает его горение в камере сгорания микротурбинной установки, которая может работать на низкокалорийных топливах с концентрацией метана 30%.

Для сжатия метана и заполнения им баллонов предлагается применить малогабаритную газонаполнительную компрессорную станцию PHILL. Для непрерывного сбора метана нужно предусмотреть 2 баллона. Когда метаном заполнится первый баллон, он отключается от станции PHILL и через редуктор подключается к трубопроводу микротурбинной установки, где газ используется для генерации тепла и электроэнергии. В это время к станции PHILL подключается второй баллон, и сбор метана продолжается. Перенаправление потоков метана обеспечивают байпасные заслонки.

Микротурбина представляет собой высокоскоростную газовую турбину, в камере сгорания которой может сжигаться газ природный, сжиженный или биогаз (рисунок 2). Микротурбины имеют высокие эксплуатационные характеристики. К ним можно отнести низкие затраты на эксплуатацию и обслуживание, высокую заводскую готовность, практически отсутствие вибрации и возможность установки на крыше фермы.

Для генерации электроэнергии с пользованием газа в настоящее время на российском рынке стало предлагаться новое энергетическое оборудование на основе микротурбинных установок, интерес к которым постоянно возрастет. Микротурбина выполнена в виде конструкции с одной движущейся деталью – вращающимся неразрезным валом, на котором соосно расположены электрический генератор, компрессор и турбина. В от-

личие от газопоршневой установки, в микротурбинах утилизируется только тепло выхлопных газов, а отсутствие охлаждающих жидкостей не требует внешних систем охлаждения при отсутствии теплосъема, что значительно упрощает конструкцию.

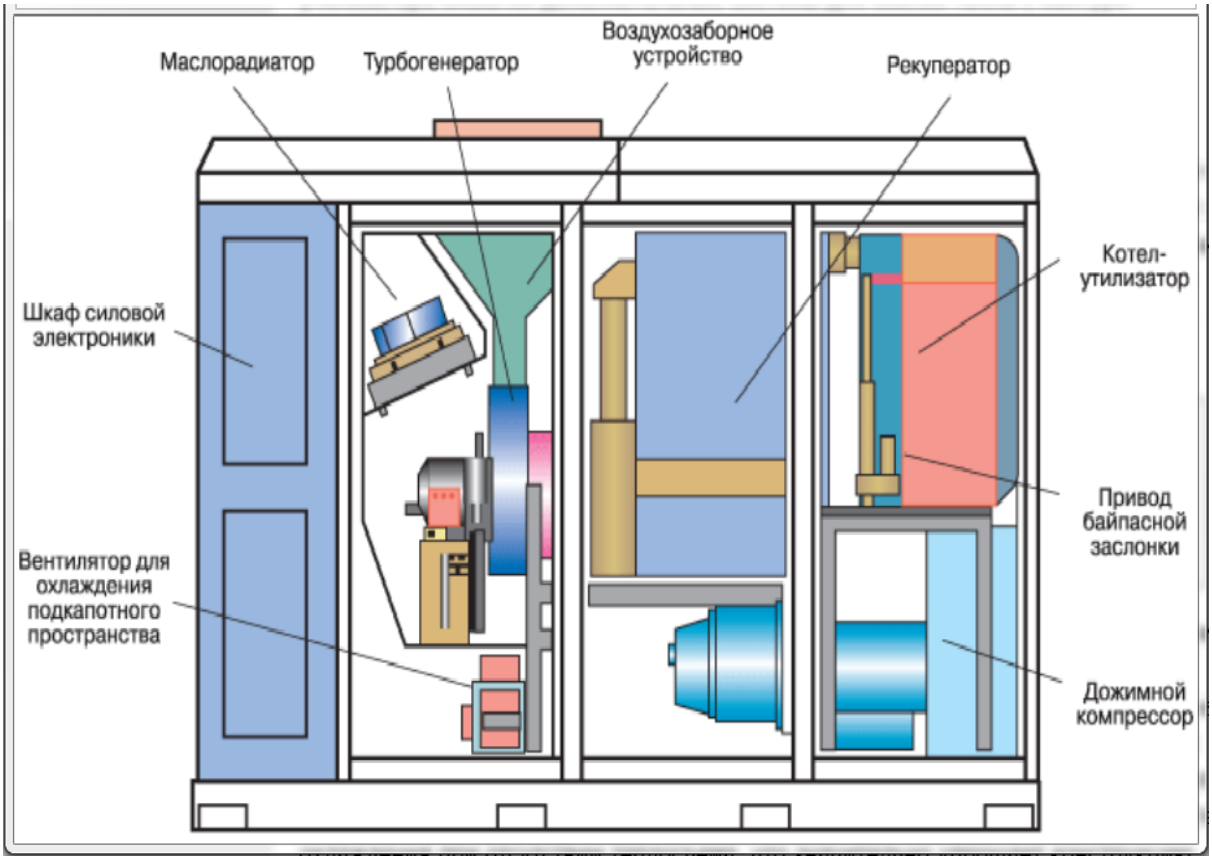


Рисунок 2 – Расположение агрегатов внутри микротурбины

Благодаря ряду преимуществ перед газапоршневыми установками малой мощности, микротурбины на рынке начинают вытеснять газопоршневые установки. Мощность машин составляет 30, 60, 80, 100 кВт, поэтому будет вполне достаточно газа, полученного на ферме. Микротурбины позволяют создавать мини-ТЭЦ с глубоким диапазоном регулирования от 0 до 100% электрической нагрузки, что важно для потребителей с цикличными, неравномерными в течение суток нагрузками.

Результаты

Улучшается вентиляция коровника и обеспечивается направление потока метана вверх к месту сбора. Если собрать только 50% метана, выделяемого двумястами коровами за сутки, то этого газа будет достаточно на 1,9 часа работы двигателя мощностью 40 кВт, а метан, собранный с данного стада за 1 год, позволит такому двигателю непрерывно работать 29 суток. Сгенерированная собственная электроэнергия будет очень вос-

требована при аварийном отключении централизованного электроснабжения, т.к. позволит осуществить машинную дойку коров. Для животноводческой фермы важным фактором является наличие аварийных систем производства электроэнергии. Поскольку в микротурбинах используется технология инверторов, они могут осуществлять мониторинг состояния электрической сети и переводить мощность с главного электрического контура на аварийное обеспечение.

Газовая турбина, установленная на мини-ТЭЦ и работающая от собранного метана, может дать 76,5 кВт·ч электроэнергии за сутки. За год собранного газа из помещения, содержащего 200 коров, при использовании газовой турбины на мини-ТЭЦ можно получить 27922 кВт·ч электроэнергии. Таким образом, метан, собранный за сутки из коровника, позволяет удовлетворить значительную потребность самой фермы в электроэнергии. Это особенно важно для дойки коров, в тех случаях, когда из-за аварии может отключиться централизованное обеспечение электроэнергией.

Выводы

Практическое значение заключается в том, что не требуется создания дополнительной биоустановки и дополнительных транспортных средств, а метан вентиляционной системой, имеющейся в коровнике, поднимается к потолку помещения, где осуществляется его предварительная сушка, он закачивается в баллоны компрессорной станцией, сжигается и применяется для генерации электроэнергии. Кроме того, улучшается экология окружающей территории за счет устранения источника загрязнения атмосферы отходами жизнедеятельности животных за счет сбора и сжигания метана.

Литература

1. Шубов, Л.Я. Технология отходов [Текст] / Л.Я. Шубов, М.Е. Староверский, Д.В. Шехирев. – М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. – 410 с.
2. Экологические аспекты устойчивого развития теплоэнергетики России [Текст] / под ред. Р.Н. Вяхирева. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 187 с.
3. Ельчанинов, Е.А. Обогащение метановоздушных смесей метаном до концентраций, требуемых промышленными установками [Электронный ресурс] / Е.А. Ельчанинов, Н.П. Удалова, Е.А. Ельчанинова, О.О. Посеряева. – Режим доступа: www.giab-online.ru/files/Data/.../250_253_ Elchaninov_11_2012.pdf.
4. Чадова, Н.А. Энергосберегающие технологии использования биогаза [Текст] / Н.А. Чадова, Н.Т. Пузиков, А.Ю. Чадов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 313-314.

УДК 621.317:621.391.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА

К.т.н., доцент Г.А. Бибик
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

OPTIMIZATION OF THE DRYING PROCESS OF GRAIN

Candidate of Technical Sciences, docent G.A. Bibik
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Сушка является самой сложной и трудоемкой операцией послеуборочной обработки зерна. Основная цель сушки урожая – повышение его стойкости при хранении, а для семенного зерна еще и ускорение послеуборочного дозревания, повышение всхожести и энергии прорастания семян. В условиях Нечерноземной зоны РФ сушка является обязательной операцией послеуборочной обработки зерна. В стране ежегодно сушится 35-40 млн тонн зерна. Потери достигают 20% из-за повышенной влажности и ненадлежащих условий хранения. Особенности хранения семенного зерна. При температуре T = 15°C и влажности W = 14% зерно можно хранить долго; при W = 18% – 10 дней; при W = 20% – 5 дней; при W = 22% – 2 дня, а при W = 24% и более хранить семена без немедленной обработки нельзя совсем. Поскольку средняя влажность зерна, поступающего от комбайна [1, 2], колеблется в пределах от 13 до 30%, то необходима незамедлительная сушка.

Известно более двух десятков различных способов сушки влажной зерновой массы, но наибольшее распространение нашел конвективный способ, который был применен в сушилке Майера еще в 1848 г. и используется до сих пор. Это нагрев зерна горячими газами, принудительно пронизывающими слой зерна. Сушилки конвективного действия отличаются конструкцией сушильных камер и принципом организации движения зернового слоя. Используются два вида сушилок:

- с подвижным слоем зерна (шахтные, барабанные и др.);
- с неподвижным слоем зерна (напольные, ромбические и др.).

Для сушки небольших партий зерна предпочтительны сушилки с неподвижным слоем, так как они не требуют больших капиталовложений, просты по устройству, надежны в эксплуатации, имеют большой срок службы и могут быть использованы для хранения зерна после сушки. Основной их недостаток – большая длительность сушки (6-9 часов).

Возможны два вида сушки – непрерывная и импульсная.

Основной метод ускорения непрерывной сушки – повышение температуры агента сушки. Однако повышать температуру агента сушки можно только до предельно допустимой температуры нагрева зерна. Эта темпера-

тура определена [2, 3] экспериментально (таблица 1) и зависит от влажности и длительности сушки.

Таблица 1 – Зависимость предельно допустимой температуры нагрева зерна от его влажности и длительности сушки

W,%	5	10	15	20	25	30	35	40	45
τ, мин.	$T_{ПР}$, °С								
5	71,5	67,4	63,6	60,4	57,6	55,2	52,8	50,5	48,1
10	68,5	64,4	60,6	57,4	54,6	52,2	49,7	47,9	45,7
15	66,7	62,6	58,8	55,6	52,8	50,4	48,0	45,7	43,5
30	63,6	59,6	55,8	52,6	49,8	47,4	45,0	43,7	41,2
45	62,0	57,9	54,1	50,9	48,1	45,7	43,3	41,0	38,8
60	60,7	56,6	52,8	49,6	46,8	44,4	42,0	39,7	37,5
90	59,0	54,9	51,1	47,9	45,1	42,7	40,3	38,0	35,8
180	55,5	51,4	47,6	44,4	41,6	39,2	36,8	34,5	32,3

Наибольшая скорость достигается только при сушке на предельно допустимой температуре нагрева зерна, которая в процессе сушки повышается в зависимости от уменьшения влажности. Процесс сушки – непрерывный процесс и управлять им в соответствии с данными таблицы 1 довольно сложно, поэтому неоднократно предпринимались попытки установления аналитической зависимости между параметрами сушки и предельной температурой нагрева зерна. Среди специалистов многих зарубежных стран наибольшее распространение получила формула Хатчинсона:

$$T_{ДОП} = 122 - 5{,}4 \lg \tau - 44 \lg W_{ВО}. \quad (1)$$

А у нас формула С.Д. Птицына:

$$T_{ДОП} = \frac{2350}{0{,}37(100 - W_{ВО}) + W_{ВО}} + 20 - 10 \lg \tau, \quad (2)$$

где $T_{ДОП}$ – допустимая температура нагрева зерна, ºС;

$W_{ВО}$ – исходная влажность зерна, %;

τ – время пребывания зерна в нагретом состоянии, мин.

Анализ данных показывает, что эти формулы недостаточно точно отражают табличные значения и довольно сложны для построения схем управления процессом сушки.

Замечено, что табличные значения, являющиеся функцией двух параметров T (τ, W), можно представить в виде двух независимых функций (таблицы 2, 3), каждая из которых зависит только от одного параметра.

$$T(\tau, W) = T\tau(\tau) + Tw(W). \quad (3)$$

Таблица 2 – Зависимость функции влажности Tw от параметра (w)

W,%	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Tw,°C	55,5	51,4	47,6	44,4	41,6	39,2	36,8	34,5	32,3

Таблица 3 – Зависимость функции времени Tτ от параметра (τ)

τ, мин.	5	10	15	30	45	60	90	180
Tτ,°C	16,0	13,0	11,2	8,2	6,5	5,2	3,5	0

Для определения аналитического выражения необходимо определить метод сглаживания кривой по табличным данным. Наиболее широко применяется метод наименьших квадратов. Но он хорошо работает для известных функций и помех, распределенных по нормальному закону. Для этих данных он плохо работает, поэтому был разработан метод [4] сглаживания кривых не зависящий от вида помех для широкого диапазона функций. Используя этот метод, получено аналитическое выражение для предельной температуры нагрева зерна:

$$T = 22{,}95 - 9{,}97\lg\tau + \frac{10^4}{165 + 3{,}006W}. \quad (4)$$

Для диапазона влажности 5-30% среднеквадратическое отклонение табличных данных от данных, рассчитанных по этой формуле, в 2,2 раза меньше отклонения, рассчитанного по формуле Птицына, и в 95 раз меньше отклонения, рассчитанного по формуле Хатчинсона.

Расчеты показывают, что управление процессом по этой формуле сокращает процесс сушки на 27%.

Второй способ ускорения сушки – импульсная сушка. В этом случае работают два фактора:

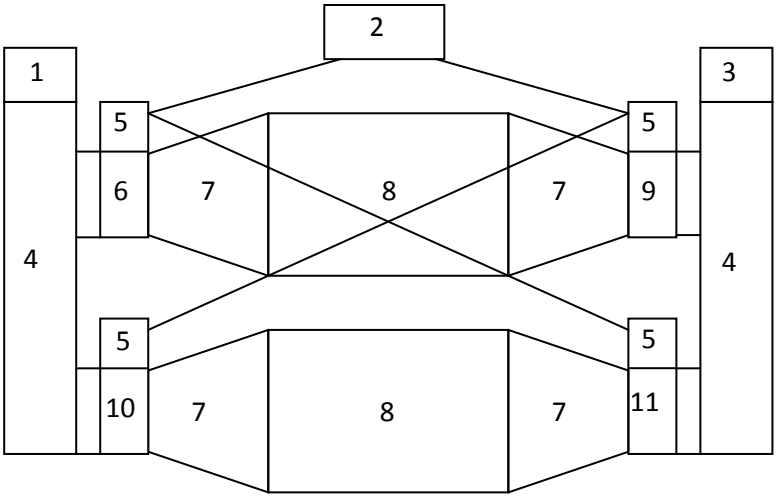
1) возможность повышения температуры зерна, не превышая предельно допустимого его нагрева, за счет сокращения времени контакта агента сушки с зерном;

2) возможность использования биологической энергии зерновок.

Реализация первого фактора относительно проста. Устройство должно содержать несколько камер, пока в одной сушится зерно, в остальных оно охлаждается. Ускорение сушки происходит за счет повышения температуры сушки и за счет совпадения потоков температуры и влажности.

Второй фактор основан на том, что зерновка – живой организм и как живой организм она вначале борется с изменившимися внешними условиями, а когда ресурсы иссякают, она приспосабливается к ним. Сушка состоит из двух периодов. В начале сушки зерновка выдает влагу из внутренних слоев на поверхность, чтобы за счет испарения понизить темпера-

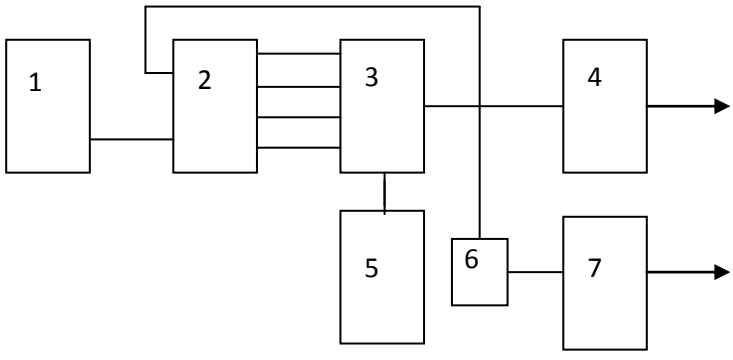
туру. Когда это не удается, она начинает нагреваться. Второй период для сушки малоэффективен.



1, 3 – генераторы агентов сушки; 2 – устройство управления шиберами; 4 – газопроводы; 5 – блоки управления шиберами; 6, 9, 10, 11 – шиберы; 7 – диффузоры; 8 – камеры сушки.

Рисунок 1 – Двухкамерная сушилка

Устройство для импульсной сушки (рисунок 1) содержит два генератора агентов сушки. В качестве агентов сушки может использоваться теплый, холодный, озонированный, ионизированный воздух или иной газ. Устройство управления посредством шиберов регулирует очередность подачи агентов сушки в камеры. В устройстве управления минимальный интервал времени задает генератор в виде меандра. Счетчик преобразует его в меандры с увеличенной длительностью импульсов. Переключатель задает меандр, который должен пропустить мультиплексор на ключи. Ключи работают в противофазе поэтому на входе одного из них стоит инвертор.



1 – генератор времени; 2 – счетчик; 3 – мультиплексор; 4, 7 – ключи; 5 – переключатель; 6 – инвертор.

Рисунок 2 – Устройство управления шиберами

Предлагается минимальное время нагрева установить 5 минут, а температуру теплоносителя – 70°С. В таком режиме ускорение сушки – 45%. В ряде диссертаций утверждается, что озонирование с концентрацией $2 \cdot 10$ мг/м^3 сокращает время сушки в 1,86 раз, а ионизация с концентрацией аэроионов $3{,}5 \cdot 10^{10}$ уменьшает время сушки до 30%. Наличие двух входов в камеры позволяет комбинировать агенты сушки.

Литература

1. Захарченко, И. В. Послеуборочная обработка семян в Нечерноземной зоне [Текст]: монография / И.В. Захарченко. – М.: Россельхозиздат, 1983.–263 с.
2. Атаназевич, В.И. Сушка зерна [Текст]: монография / В.И. Атаназевич. – М.: Агропромиздат. 1989. – 240 с.
3. Птицын, С. Д. Зерносушилки, технологические основы, тепловой расчет и конструкции [Текст]: монография / С.Д. Птицын. – М.: Машиностроение, 1966. – 211 с.
4. Бибик, Г.А. Математическая обработка экспериментальных данных [Текст] / Г.А. Бибик // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК. Международная научная конференция. Сборник научных трудов. Ч. 3. – Ярославль, 2003. – С. 280-282.

УДК 631.365.2

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕРНА

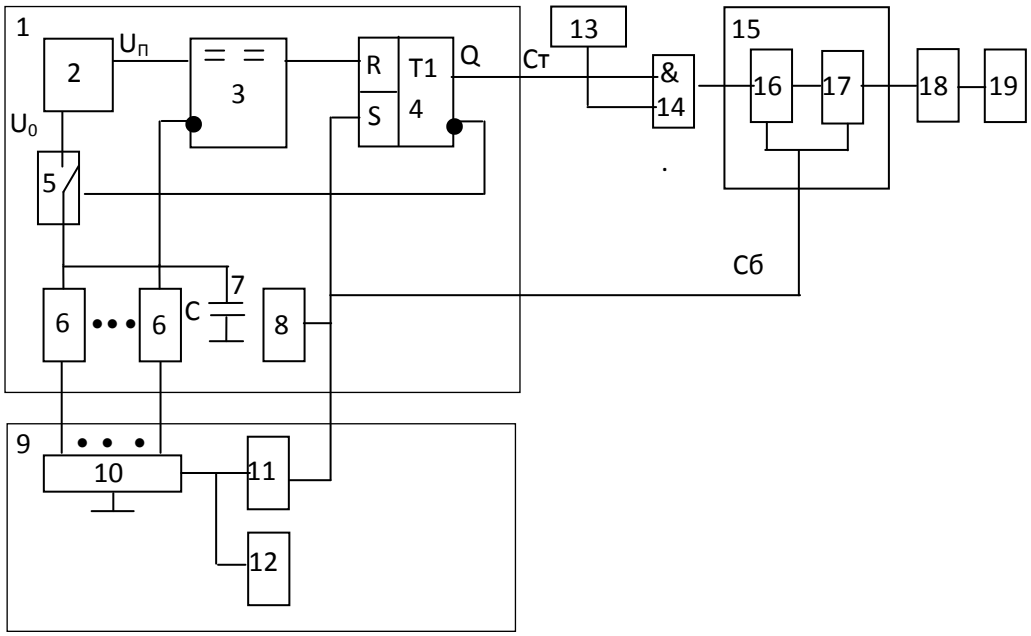
К.т.н., доцент Г.А. Бибик, обучающийся А.П. Живодеров
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Устройство предназначено для измерения температуры зерна во время сушки и хранения. Минимальный состав любого устройства контроля – это датчик, формирователь сигналов, калибратор и индикатор. Датчик преобразует неэлектрический параметр объекта исследования в электрические параметры датчика. Формирователь преобразует электрические параметры датчика в электрический сигнал, удобный для индикации или передачи на расстояние. Часто необходимо не только получить качественный или визуальный сигнал, но и его количественное значение в принятых единицах измерения [1]. В этом случае после формирователя ставят калибратор сигнала, после которого сигнал идет на индикатор.

Устройство работает следующим образом.

Коммутатор 9 определяет очередность подключения датчиков 6. Для этого счетчик 11 циклически считает импульсы тактового генератора 8 и полученный на выходе счетчика 11 код заставляет мультиплексор 10 подключить соответствующий коду датчик к общей шине. Каждый датчик 6

соответствует своему каналу измерения. Модуль счета счетчика 11 равен числу каналов. Код канала с выхода счетчика 11 подается на индикатор 12 номера канала. В качестве датчика температуры взято термосопротивление.



1 – преобразователь сопротивления в длительность импульса; 2 – источник питания; 3 – компаратор; 4 – RS триггер; 5 – ключ; 6 – датчики; 7 – образцовый конденсатор; 8 – генератор тактовых импульсов; 9 – коммутатор; 10 – мультиплексор; 11 – счетчик номеров каналов; 12 – индикатор номера канала; 13 – генератор контрольной частоты; 14 – элемент «И», 15 – калибратор содержащий счетчики 16, 17; 18 – дешифратор; 19 – индикатор.

Рисунок 1 – Структурная схема устройства контроля температуры

В исходном состоянии и в паузах между тактовыми импульсами триггер 4 находится в нулевом (закрытом) состоянии (S = 0, R = 0, $U_{ВЫХ} = 0$) и будет в нем находиться до прихода следующего тактового импульса. Покажем это.

1. Триггер открыт (находится в единичном состоянии) $U_{ВЫХ} = 1$. Сигнал с инверсного выхода триггера $\overline{U_{ÂÛÕ}} = 0$ откроет ключ 5, и напряжение U_0 источника 2, поступавшее при закрытом ключе 5 на конденсатор 7, не будет поступать, и конденсатор 7 начнет разряжаться через датчик 6. Когда напряжение на конденсаторе 7 (U_C) станет меньше опорного ($U_C < U_{ОП}$), то компаратор 3 выдаст единичный сигнал на вход R триггера 4. При входных сигналах (S = 0, R = 1) триггер перейдет в закрытое (нулевое) состояние $U_{ВЫХ} = 0$;

2. Триггер закрыт $U_{ВЫХ} = 0$, сигнал $\overline{U_{ÂÛÕ}} = 1$ закроет ключ 5, и он будет пропускать напряжение U_0 источника 2 на конденсатор 7. Когда станет

$U_C > U_{ОП}$, компаратор 3 выдаст нулевой сигнал на вход R триггера 4. При входных сигналах (S = 0, R = 0) триггер 4 будет хранить нулевой сигнал на выходе $U_{ВЫХ} = 0$.

Приход тактового (запускающего) импульса открывает триггер $U_{ВЫХ} = 1$, так как S = 1, R = 0. Сигнал $\overline{U_{ÂÛÕ}} = 0$ с инверсного выхода триггера 4 открывает ключ 5. Напряжение U_0 источника 2 перестает поступать на конденсатор 7 и конденсатор 7, начинает разряжаться через датчик 6. Когда напряжение на нем (U_C) станет меньше опорного ($U_C < U_{ОП}$), то компаратор 3 выдаст единичный сигнал на вход R триггера 4. При входных сигналах (S = 0, R = 1) триггер перейдет в закрытое (нулевое) состояние $U_{ВЫХ} = 0$. Этот процесс смены состояний триггера будет происходить после каждого тактового (запускающего) импульса.

По каждому тактовому импульсу генератора 8 преобразователь 1 выдает импульс, длительность которого пропорциональна сопротивлению датчика [2]. Эта длительность единичного состояния триггера 4 равна длительности разряда емкости C_0 конденсатора 7 от U_0 до $U_{ОП}$ и является стробом (Ст) для пропускания импульсов контрольной частоты.

Длительность импульса, полученного на выходе преобразователя 1, измеряется периодом контрольной частоты, поэтому импульс с выхода преобразователя 1 и импульсы с генератора 13 подаются на элемент 14 «И». Прошедшие элемент «И» импульсы поступают на калибратор 15, который содержит масштабирующий 16 и двоично-десятичный 17 счетчики. Масштабирующий счетчик – счетчик, считающий по модулю, определяемому количеством импульсов соответствующим единице измеряемого параметра. После калибратора 15 и дешифратора 18 цифровой код температуры поступает на индикатор 19. Сброс счетчиков происходит по фронту тактовых импульсов.

Выводы

1. Рассмотренное устройство обеспечивает контроль температуры зерна в нескольких камерах при последовательной или параллельной их работе как во время сушки, так и при хранении зерна.

2. Устройство автоматизирует контроль сушки, что уменьшает трудоемкость процесса и повышает качество высушенного зерна.

Литература

1. Сычугов, Н.П. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав [Текст] / Н.П. Сычугов, Ю.А. Сычугов, В.М. Исупов; под ред. Н.П. Сычугова. – Киров: ФГУИПП «Вятка», 2003. – 368 с.

2. Бибик, Г.А. Система контроля влажности и температуры зерна [Текст] / Г.А. Бибик // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 2. – С. 78-81.

УДК 001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАРУШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ ОДНОМАШИННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Обучающиеся И.С. Ерилин, К.М. Тупикова, Р.И. Муртазаев
(*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия*)

Ключевые слова: динамическая устойчивость, модель, электроэнергетическая система.

Целью работы являлось исследование методов предотвращения нарушения динамической устойчивости на примере модели одномашинной электроэнергетической системы.

THE STUDY OF METHODS OF PREVENTING THE VIOLATION OF THE DYNAMIC STABILITY ON THE MODEL OF A SINGLE-MACHINE POWER SYSTEM

Students I.S. Jerilin, K.M. Tupikova, R.I. Murtazajev
(FSBEI HE Volgograd SAU, Volgograd, Russia)

Keywords: dynamic stability, model, power system.

The aim of this work was to study methods of preventing the violation of the dynamic stability on the model of a single-machine power system.

Для достижения поставленных цели решались следующие задачи: получены данные опытов различных режимов по предотвращению нарушения динамической устойчивости, разработана модель синхронной машины с приводным двигателем.

Развитие электроэнергетической системы идет по пути создания единой общегосударственной электроэнергетической системы (ЭЭС), включающей в свой состав электростанции, линии электропередачи и мощный центр электропотребления в столице страны, причем имеются и на сотни километров удаленные от нагрузки крупные и маломощные электростанции. В связи с этим возникает проблема сохранения их параллельной работы с остальной частью системы при опасных возмущениях.

Современная электроэнергетическая система характеризуется прежде всего неразрывностью процесса производства, распределения и потребления электрической энергии. Энергосистема постоянно испытывает различные возмущающие факторы, такие как изменения нагрузок, повреждения оборудования, воздействия окружающей среды и другие. На валу машин создаются избыточные моменты, под действием которых скорость вращения роторов и относительные их углы меняются. В процессе воз-

никших колебаний распределение мощностей между генераторами непрерывно меняется и зависит от многих факторов: от инерции вращающихся масс, от величины и фазы ЭДС генераторов, от регуляторов напряжения и т.д.

Основными причинами нарушения динамической устойчивости являются:

- неправильный выбор параметров компонентов схемы;
- нарушения в работе отдельных компонентов;
- нарушения в работе системы управления;
- скачкообразные изменения генерируемой мощности и нагрузки;
- отключение линии или отключение трансформатора, отключение генераторов.

Основными последствиями, вызываемыми нарушениями динамической устойчивости, являются:

- недоотпуск электроэнергии;
- нарушение электроснабжения потребителей;
- глубокое снижение напряжения, приводящее к нарушению устойчивости электродвигателей, массовому отключению потребителей и т.д.;
- повреждение элементов сети ввиду протекания больших токов;
- повреждения генераторов, возникающие из-за больших электродинамических и механических усилий, перегрева обмоток статора и ротора;
- лавинообразное изменение частоты, выводящее из строя генераторы;
- возникновение дефицита активной мощности;
- ложные срабатывание средств РЗиА, возникающие из-за глубоких колебаний параметров режима электроэнергетической системы.

Методами по повышению динамической устойчивости являются:

- установка в электростанции генераторов одинакового типа и мощности, в этом случае разность углов между роторами будет минимальной;
- установка демпферных обмоток на ротор генератора;
- уменьшение времени протекания переходных процессов за счет применения быстродействующей коммутационной аппаратуры;
- применение быстродействующих автоматических регуляторов возбуждения, за счет которых поддерживается запас устойчивости системы в динамике.

В лабораторном стенде воссоздана модель электромашинной системы с генератором и машиной постоянного тока в качестве нагрузочного элемента.

Система управления приводным ДПТ и возбуждением синхронной машины состоит из:

- источника питания постоянного тока двигателя и возбудителя синхронной машины с возможностью ручного и автоматического управления, а также с плавной регулировкой напряжения и измерительными приборами;
- измерительного блока напряжения и частот сети и системы;
- блока указателя угла нагрузки синхронной машины и указателя частоты вращения;

- блока синхронизатора, состоящего из аналогового и цифрового измерителя.

Модель двухцепной ЛЭП с выключателями нагрузки и повышающим трансформатором: можно увидеть повышающий трансформатор со схемой соединения треугольник/звезда с нулем; блок с измерителями мощностей (активной и реактивной); блок с измерительными трансформаторами; 2 блока с трехфазной цепью, с глухо заземленной нейтралью; крайний трехфазный выключатель служит для создания КЗ на линии.

Источник питания лабораторной установки с понижающим трансформатором: понижающий трансформатор со схемой соединения звезда с нулем/ звезда с нулем, связанный с сетью.

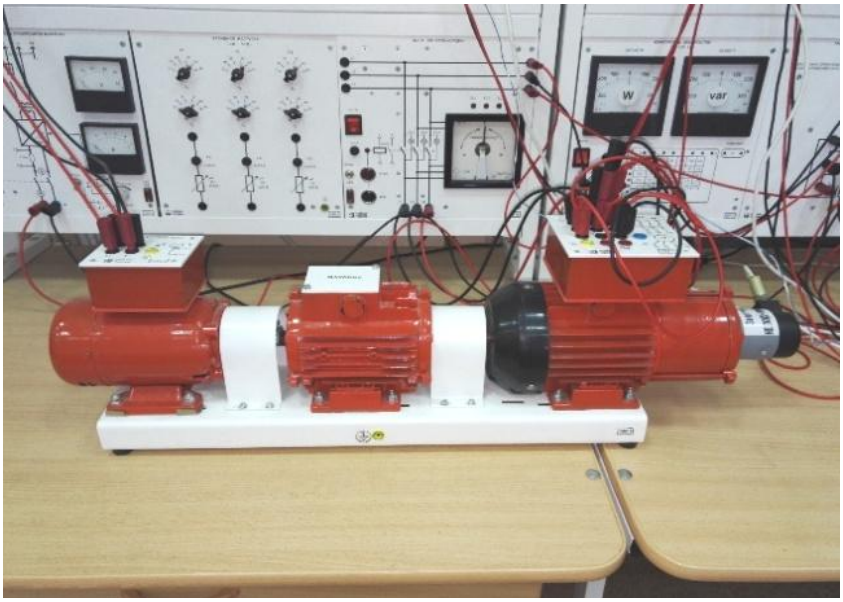


Рисунок 1 – Модель электромашинной системы с генератором и машиной постоянного тока

Недостатками данной модели ЭСС являются: малая мощность генератора и ограниченность в заданиях различных параметров системы, таких как угол нагрузки и т. д.

Проведенные исследования существующей модели ЭЭС включают:
- выход генератора из синхронизма;
- предотвращение нарушения динамической устойчивости быстродействующим отключением КЗ;
- быстродействующее снижение мощности синхронного генератора;
- форсировка возбуждения синхронного генератора;
- электрическое торможение синхронного генератора.

По полученным данным и графику, построенному по ним, угол нагрузки имеет угловатый вид, что обусловлено таким явлением, как частота дискретизации: большие промежутки времени передачи сигнала между блоком системы управления и приемной АЦП платой.

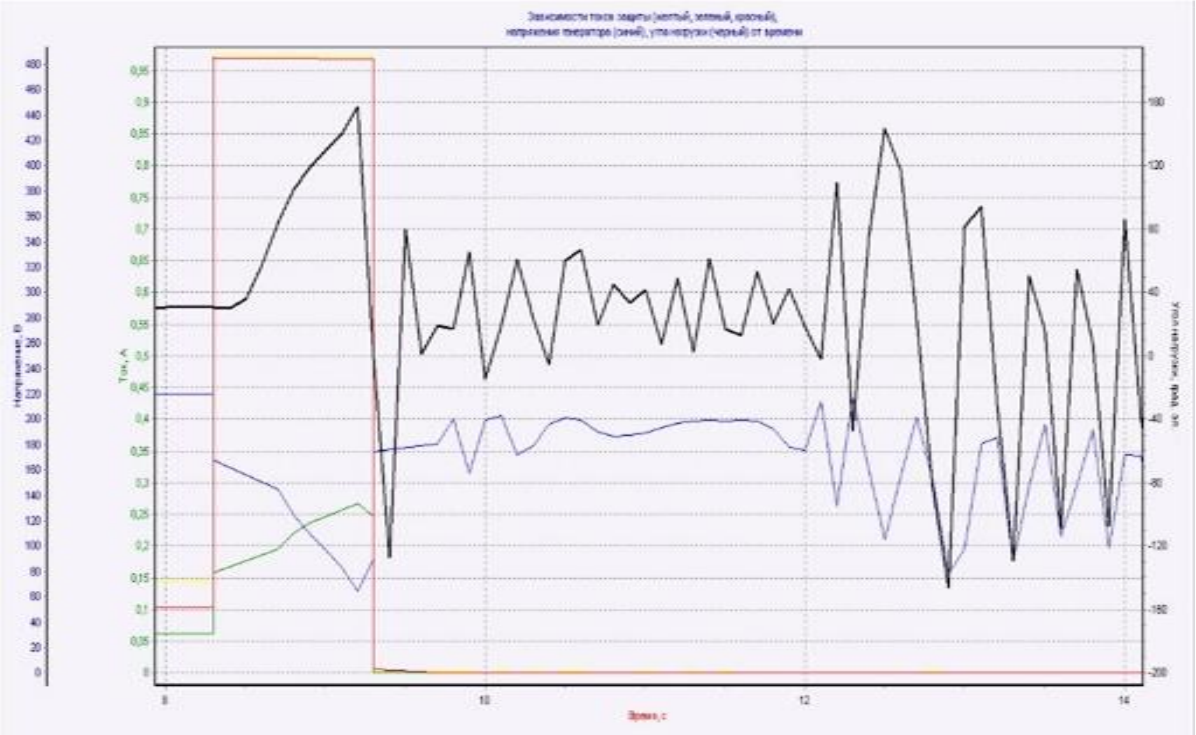


Рисунок 2 – Выход из синхронного режима

Вывод: в опыте с быстродействующем отключении КЗ по осциллограмме видно, что во время КЗ угол нагрузки не достиг критического значения за счет автоматики и двигатель не вышел из строя; в опыте с быстродействующем снижении мощности видно, что за счет резкого уменьшения значения мощности можно добиться уменьшения угла нагрузки, что не дает генератору выйти из синхронизма; в опыте с форсировкой возбуждения при КЗ идет резкое уменьшение напряжения, возбудитель повышает напряжение до первоначального и угол нагрузки начинает выравниваться; электрическое торможение синхронного генератора достигается за счет введения в систему дополнительного сопротивления, что позволяет при КЗ увеличить напряжение на обмотке и дождаться выравнивания угла нагрузки.

Литература

1. Аксенова, Л.Я. Электромеханические переходные процессы при некоторых анормальных режимах работы турбогенераторов [Текст]: автореферат дис. канд. техн. наук / Л.Я. Аксенова. – Л., 1980. – 28 с.
2. Балыбердин, Д.Л. Режимы и устойчивость энергосистемы, включающей ВЛ 1150 кВ [Текст] / Д.Л. Балыбердин, Т.А. Гущина, Л.А. Кощеев, В.А Шлайфштейн // Электрические станции.– 1989. – № 4.
3. Беляев, А.Н. Повышение динамической устойчивости автономных энергосистем нефтегазодобывающих комплексов на основе электрического

торможения [Текст] / А.Н. Беляев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 4. – С. 163-169.
4. Веников, В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах [Текст]: учебник для электроэнергетических спец. вузов / В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1985. – 536 с.
5. Горев, А.А. Переходные процессы синхронной машины [Текст] / А.А. Горев. – Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 551 с.
6. Груздев, И.А. Основные задачи исследования сильного регулирования возбуждения генераторов сложных электроэнергетических систем [Текст] / И.А. Груздев, М.М. Екимова // Труды ЛПИ № 385. – Л., 1982. – С. 3-12.

УДК 631.3:636

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ТРАНСПОРТЕРА

К.т.н. Н.В. Коняев, И.А. Прилуцкий, Ю.В. Назаренко, Б.С. Блинков
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: горизонтальный транспортер, наклонный транспортер, привод транспортера, электродвигатель, резервный электродвигатель.

В данной статье рассматривается повышение надежности работы навозоуборочного транспортера путем применения модернизированного привода.

MODERNIZATION OF CONVEYOR DRIVE

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev, I.A. Prilutsky,
Y.V. Nazarenko, B.S. Blinkov
(FSBEE HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Keywords: horizontal conveyor, inclined conveyor, the conveyor drive, the electric motor, the backup motor.

This article discusses the increased reliability novosobornaya conveyor by the use of the upgraded drive.

Достижение целевых показателей, предусмотренных Госпрограммой развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг. по увеличению производства, повышению качества и эффективности продукции животноводства и прежде всего молока, свинины, яиц и мяса птицы, потребует коренного

преобразования технологий, создания принципиально новой инновационной техники, применения автоматизированных поточных линий, обеспечивающих автоматическое управление осуществлением технологических процессов и операций, адаптированных к физиологическим требованиям животных и птицы, укомплектование объектов квалифицированными кадрами инженерно-технических работников [1]. Внедрение нового оборудования, модернизация и автоматизация существующих машин и линий станет основой для повышения производительности труда, решения экономических, социальных и экологических вопросов на животноводческих комплексах.

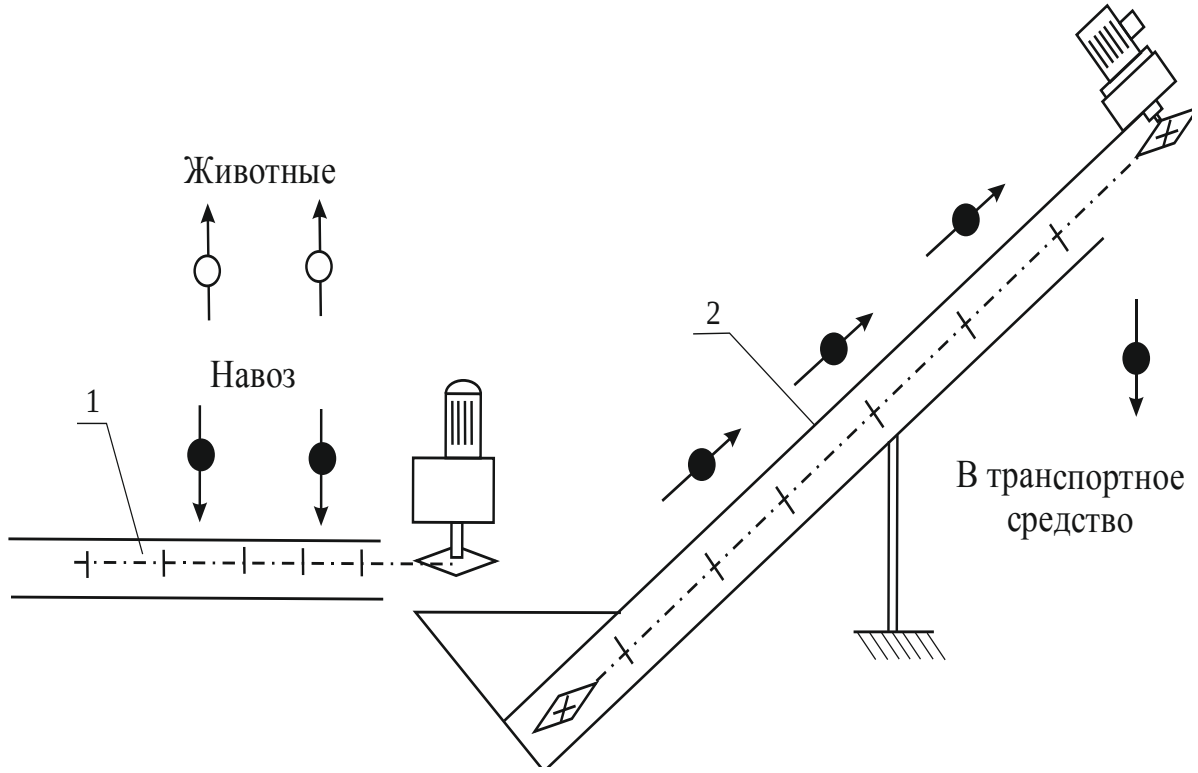
В настоящее время стоит проблема подготовки кадров для работы в животноводческом секторе. На селе остро чувствуется нехватка трудовых ресурсов, в том числе и на животноводческих комплексах. Почти все технологические процессы в животноводстве: доение, приготовление кормов, уборка навоза и кормление связаны зоотехническими нормами времени. Отклонение от этих временных параметров неуклонно приводит к снижению выхода продукции, заболеванию животных и снижению производительности труда. При дефиците трудовых ресурсов этого можно избежать только при внедрении автоматизированных линий и оборудования. Средства автоматизации и системы управления относятся к числу высокозатратных сегментов модернизации животноводства, удельный вес которых достигает 60% от стоимости рабочих машин и оборудования [1]. Поэтому необходимо определять наиболее эффективные технические решения по автоматизации существующего оборудования, добиться их рациональной эксплуатации и повысить надежность работы.

В настоящее время уже есть предложения по автоматизации и модернизации таких технологических процессов, как поение животных [2], обогрев молодняка животных [3], совершенствование системы освещения [4, 5, 6].

Одним из наиболее трудоемких и ответственных электрифицированных процессов в животноводстве является уборка и удаление навоза из помещений.

Применяемые для этой цели технические средства должны удовлетворять следующим требованиям: осуществлять качественную очистку помещения от навоза и его погрузку без затрат ручного труда; не оказывать отрицательного воздействия на микроклимат помещения, людей, животных, корм, продукцию и окружающую среду; иметь устройства, предотвращающие аварийные режимы работы; конструкция должна быть надежной, эстетичной и технологичной. В настоящее время наибольшее распространение получила схема уборки и погрузки навоза, представленная на рисунке 1. Она состоит из горизонтального 1 и наклонного 2 цепочно-

скребковых транспортеров. К таким машинам относятся цепочно-скребковые транспортеры: ТСН-2Б, ТСН-3Б, ТСН-160, КСН-Ф-100 и др.



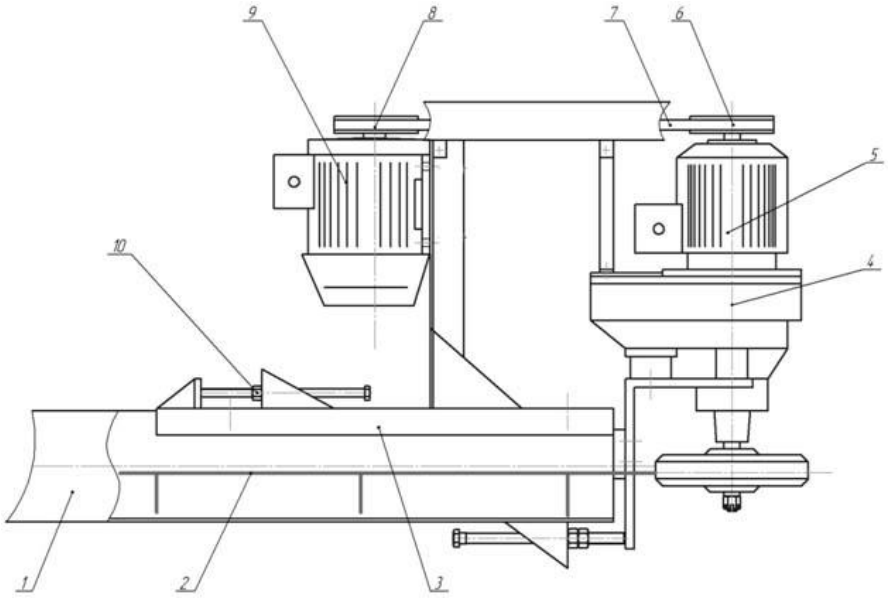
1 – транспортер горизонтальный; 2 – короб наклонного транспортера; 3 – цепь со скребками; 4 – электродвигатель.

Рисунок 1 – Схема уборки навоза цепочно-скребковым транспортером

Во время работы горизонтальный транспортер 1 очищает помещение от навоза, а наклонный 2 перегружает его в транспортное средство, которым он транспортируется в навозохранилище. Горизонтальный транспортер располагается внутри помещения, а наклонный выгрузной установлен частично снаружи помещения.

Навоз обычно имеет влажность порядка 70-90%. Поскольку транспортер работает периодически с большими промежутками времени между включениями, то зимой цепь со скребками примерзает к коробу и при включении привода электродвигатель часто выходит из строя. Создается ситуация, при которой невозможно иногда длительное время отремонтировать транспортер. За время простоя происходит накопление навоза в помещении, что приводит к загрязнению и загазованности воздуха, а это ведет к снижению продуктивности животных и их болезням.

Повысить надежность работы транспортера позволяет применение модернизированного привода [7], общий вид которого показан на рисунке 2.



1 – короб; 2 – цепь со скребками; 3 – подвижная рама; 4 – планетарный редуктор; 5 – основной электродвигатель; 6, 8 – шкив; 7 – клиновой ремень; 9 – дополнительный электродвигатель; 10 – натяжное устройство.

Рисунок 2 – Модернизированный привод транспортера

Принцип работы заключается в том, что на коробе 1, где установлена с возможностью перемещения цепь со скребками 2, закреплена подвижная рама 3 и планетарный редуктор 4 с основным электродвигателем 5, на верхнем конце электродвигателя которого установлен шкив 6. На подвижной раме 3 установлен дополнительный электродвигатель 9 со шкивом 8. Шкивы 6 и 8 имеют одинаковый диаметр и соединены клиновым ремнем 7, натяжение которого осуществляется натяжным устройством 10 при отпущенных болтах крепления подвижной рамы 3.

При нормальном режиме работы питание подается на основной электродвигатель 5 и ротор дополнительного электродвигателя 9 через клиновой ремень 7 вращается вхолостую. При выходе из строя основного электродвигателя 5 питание подается на дополнительный электродвигатель 9, который вращает через клиновой ремень 7 ротор основного электродвигателя 5 и планетарный редуктор 4, который перемещает цепь со скребками 2. В результате этого технологического простоя не происходит и навоз из помещения удаляется вовремя.

Эту конструкцию привода можно использовать и по-другому. В качестве дополнительного электродвигателя можно применить электродвигатель той же мощности (или большей), что и основной, но с меньшей частотой вращения. При запуске зимой используется схема, когда сначала запускается дополнительный электродвигатель, который позволяет через ременную передачу сорвать примерзшую цепь со скребками. Далее он отключается и в работу вступает основной электродвигатель. Электрическая

схема управления данным оборудованием такого варианта показана на рисунке 3.

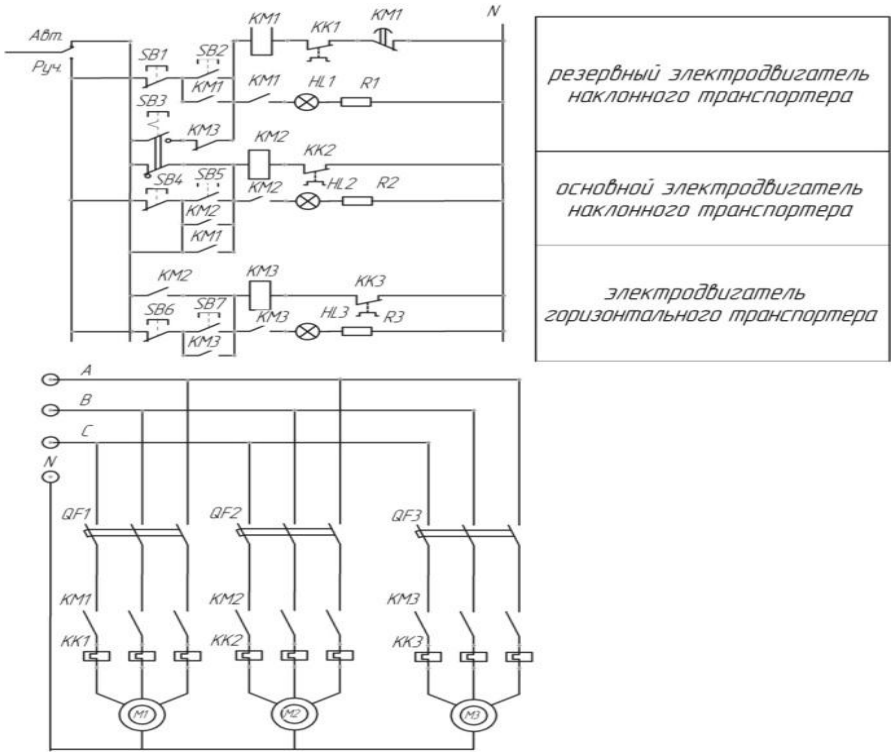


Рисунок 3 – Электрическая схема управления цепочно-скребковым навозоуборочным транспортером

После того как навоз будет убран в технологические каналы, в автоматическом режиме в зимний период тумблер SB3 замкнут, включается магнитный пускатель КМ1, который своими основными контактами КМ1 запускает вспомогательный электродвигатель наклонного транспортера и включает основной электродвигатель наклонного транспортера, блок-контактом КМ1 включает магнитный пускатель КМ2. После запуска наклонного транспортера происходит включение горизонтального транспортера, блок-контактом КМ2 включает магнитный пускатель КМ3 и выключает вспомогательный электродвигатель, блок-контактом КМ2 выключает магнитный пускатель КМ1.

В летний период тумблер SB3 разомкнут и включение вспомогательного электродвигателя не происходит, а включается сразу основной электродвигатель.

В схеме предусмотрено также и ручное управление, когда все установки включатся и отключаются кнопками пуск SB2, SB5, SB7 и стоп SB1, SB4, SB6 отдельно, он нужен при возникновении каких-либо поломок в одном из звеньев технологической линии уборки и удаления навоза или наладке линии. Сигнальные лампы HL1-HL3 указывают на работу соответствующих машин.

Литература
1. Лачуга, Ю.Ф. Направления научных исследований по совершенствованию автоматизированных систем управления технологическими процессами в животноводстве [Текст] / Ю.Ф. Лачуга // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 2(10). – С. 4-9.
2. Коняев, Н.В. Модернизированная система поения животных [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Электрика. – 2015. – № 9. – С. 37-40.
3. Коняев, Н.В. Модернизированная система обогрева [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Электрика. – 2015. – № 9. – С. 33-36.
4. Коняев. Н.В. Универсальная осветительная установка [Текст] / Н.В. Коняев, Н.И. Коняева // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 2009. – С. 70-72.
5. Блинков, Б.С. Новое в освещении коровников [Текст] / Б.С. Блинков, Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 2015. – С. 37-40.
6. Коняев, Н.В. Универсальная осветительная установка [Текст] / Н.В. Коняев, С.С. Внуков // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы Международной научно-практической конференции. – Курск, 2015. – С. 49-50.
7. Наклонный транспортер для погрузки навоза [Текст] : пат. 126555 Рос. Федерация : МПК A01C3/04 (2006.01) / Сараев И.Ф., Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Курская ГСХА. – № 2012150826/13 ; заявл. 27.11.2012 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10 : ил.

УДК 620.22

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗО-ФОСФОРНОГО СПЛАВА В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

К.т.н. Н.В. Коняев, Д.И. Руднев, Б.С. Блинков, Р.В. Степашов, Е.С. Калуцкий
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: электролитический сплав, фосфор, прочность сцепления, микротвердость, электроосаждение, плотность тока.

В статье рассматривается электролитический сплав фосфора с железом, который придает электролитическим осадкам особые физико-механические свойства (микротвердость и износостойкость), что представ-

ляет значительный интерес для ремонтного производства с целью восстановления и поверхностного упрочнения деталей машин.

THE USE OF ELECTROLYTIC IRON-PHOSPHORUS ALLOY IN REPAIR

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
D.I. Rudnev, B.S. Blinkov, R.V. Stepashov, E.S. Kalutsky
(FSBEE HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Keywords: electrolytic alloy, phosphorus, adhesion strength, microhardness, electrodeposition, current density.

The article discusses the electrolytic alloy of phosphorus with iron, which gives the electrolytic precipitation of specific physical and mechanical properties (microhardness and wear resistance) that is of considerable interest for repair processes for recovery and surface hardening of machine parts.

В настоящее время к электролитическим сплавам проявляется большой интерес, что объясняется возможностью получения материалов с новыми физико-механическими и химическими свойствами.

Из всего разнообразия известных электролитических сплавов наибольший интерес для ремонтного производства представляют износостойкие электролитические сплавы. Наиболее перспективными для восстановления и поверхностного упрочнения деталей машин являются электролитические сплавы на основе железа – наиболее дешевом и доступном металле. В связи с тем, что чистые электролитические осадки железа имеют относительно небольшую твердость и износостойкость, их легируют различными добавками: молибденом [1], кобальтом [2], фосфором [3], ванадием [4].

Так, электролитический сплав, полученный легированием кобальта и осажденный при катодной плотности тока 50 А/дм^2, имеет микротвердость 8500 МПа при прочности сцепления покрытия с основным металлом Gсц = 350 МПа [2]. При электроосаждении покрытия из железо-молибденового электролитического сплава можно получить осадок микротвердостью 8400 МПа с прочностью сцепления Gсц = 300 МПа [1]. Покрытия, полученные из электролита, содержащего хлорид железа, метаванадат аммония, соляную кислоту, при плотности тока 50 А/дм^2 и коэффициенте асимметрии β = 6, могут достигать микротвердости Нμ = 8500 МПа и прочности сцепления Gсц = 300 МПа [4]. Несмотря на то, что применение этих легирующих элементов приводит к улучшению физико-механических свойств электролитических осадков, из-за высокой стоимости компонентов они не нашли широкого применения.

Большой научный и практический интерес представляют электролитические сплавы фосфора с железом. Это объясняется тем, что фосфор придает электролитическим осадкам особые физико-механические и магнитные свойства [5]. Также известно, что термообработка железо-фосфорных сплавов при температуре выше 250ºС значительно повышает микротвердость и износостойкость покрытий, что представляет значительный интерес для ремонтного производства с целью восстановления и поверхностного упрочнения деталей машин [6].

Для получения электролитических железо-фосфорных покрытий предлагается способ электролитического осаждения сплава железо-фосфор из электролита, содержащего, г/л: хлорид железа 350-400; соляную кислоту 0,6-0,8; гипофосфит натрия 2-12 [3].

Процесс осаждения ведут на переменном асимметричном токе, начиная процесс электролиза с коэффициента асимметрии 1,2 и повышая его до 6, при этом катодная плотность тока может быть в интервале 35-45 А/дм^2. Ниже 35 А/дм^2 плотность тока использовать нецелесообразно, т.к. процесс электролиза имеет низкую скорость осаждения покрытия. При катодной плотности тока больше 45 А/дм^2 происходит интенсивное дендридообразование и резко снижается выход металла по току. При электроосаждении температура электролита достигает 30-50°С, что обеспечивает получение гладких, блестящих покрытий. Верхний предел содержания соляной кислоты установлен из экономических соображений, т.е. с повышением содержания соляной кислоты резко увеличивается количество разряжающегося водорода и падает выход металла по току [7]. Нижний предел выбран по качественным характеристикам структур электролитического железа. При содержании соляной кислоты меньше 0,6 г/л происходит сильное защелачивание прикатодного слоя. Гидроокись, образующаяся в прикатодном слое, включается в покрытия и этим ухудшает их структуру.

Содержание гипофосфита натрия находится в интервале 2-12 г/л. Ниже 2 г/л применение гипофосфита натрия нецелесообразно, т.к. получаемое покрытие по твердости близко к покрытию твердым железом. Выше 12 г/л применение гипофосфита натрия приводит к изменению физико-механических свойств покрытия, резко увеличивается хрупкость, что отрицательно сказывается на износостойкости покрытия.

Начало осаждения покрытия при коэффициенте асимметрии 1,2 обеспечивает высокую сцепляемость покрытия с основой Gсц = 300 МПа. Получаемые покрытия имеют микротвердость, достигающую 7500 МПа.

Для большего увеличения микротвердости и износостойкости полученные покрытия можно подвергнуть термообработке. С увеличением температуры термообработки микротвердость железо-фосфорного покрытия увеличивается, что видно из рисунка 1. Так, от 0 до 200ºС микротвер-

дость возрастает до 7800 МПа, а с 200ºС до 400ºС микротвердость возрастает до 14000 МПа.

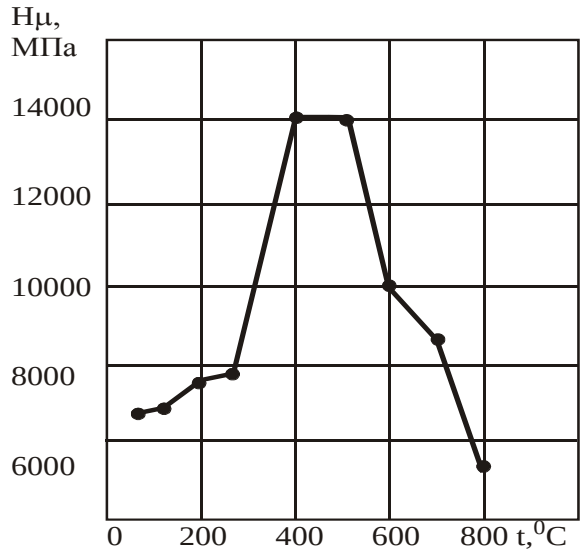


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости железо-фосфорных покрытий от температуры термообработки

Это объясняется тем, что при термообработке слоистость железо-фосфорных осадков исчезает, выделяется избыточный фосфор, образуя химическое соединение фосфид FeP. В пересыщенном растворе образуется химическое соединение. Происходит взаимодействие между фазами покрытия и поверхностного слоя стали, в результате чего поверхностный слой стали превращается в монолитный упрочняющий диффузионный слой. Практически достигается равновесное состояние металла. После термической обработки сплав представляет собой смесь кристаллического железа и фосфида железа FeP.

Литература

1. Способ электролитического осаждения сплава железо-молибден [Текст] : пат. 2174163 Рос. Федерация : МПК C25D3/56, C25D5/18 / Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Серебровский В.В., Коняев Н.В., Батищев А.Н. ; заявитель и патентообладатель Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И.И. Иванова. – № 2000104387/02 ; заявл. 22.02.2000 ; опубл. 27.09.2001, Бюл. № 27.
2. Способ электролитического осаждения сплава железо-кобальт [Текст] : пат. 2230836 Рос. Федерация : МПК C25D3/56 / Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Серебровский В.В., Коняев Н.В. ; патентообладатель Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И.И. Иванова. – № 2002130285/02 ; заявл. 12.11.2002 ; опубл. 20.06.2004, Бюл. № 3.
3. Способ электролитического осаждения сплава железо-фосфор [Текст] : пат. 2164560 Рос. Федерация : МПК C25D3/56, C25D5/18 / Серебровский

В.И., Серебровская Л.Н., Серебровский В.В., Коняев Н.В., Батищев А.Н. ; заявитель и патентообладатель Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И.И. Иванова. – № 99123131/02 ; заявл. 02.11.1999 ; опубл. 27.03.2001, Бюл. № 9.
4. Способ электролитического осаждения сплава железо-ванадий [Текст] : пат. 2231578 Рос. Федерация : МПК C25D3/56 / Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Серебровский В.В., Коняев Н.В. ; патентообладатель Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И.И. Иванова. – № 2002130286/02 ; заявл. 12.11.2002 ; опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18.
5. Гадалов, В.Н. Упрочнение деталей транспортных машин гальваническими покрытиями [Текст] / В.Н. Гадалов, В.И. Серебровский, Н.В. Коняев // Сварка и родственные технологии в машиностроении и электронике. – 2003. – № 5. – 86 с.
6. Блинков, Б.С. Исследование износостойкости электролитических сплавов железа с фосфором [Текст] / Б.С. Блинков, Л.Н. Серебровская, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 8. – С. 221-222.
7. Гукова, О.Н. Применение железо-фосфорных и железо-марганец-фосфорных электролитических покрытий в ремонтном производстве [Текст] / О.Н. Гукова, Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, Р.В. Степашов // Региональный вестник. – 2015. – № 1. – С. 44-46.

УДК 631.363

ШНЕКОВЫЙ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ДОЗАТОР

К.т.н. Н.В. Коняев, к.т.н. И.Ф. Сараев, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: дозатор, комбикорм, компонент, измельчитель, шнек, бункер, корпус, перегородка, навивка, подача.

Содержание статьи посвящено теоретическому обоснованию создания многокомпонентного дозатора для сыпучих материалов.

SCREW MULTI-COMPONENT DISPENSER

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
Candidate of Technical Sciences I.F. Saraev, B.S. Blinkov, Y.V. Nazarenko
(FSBEE HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Keywords: dosing, feed, component, grinder, auger, hopper, casing, partition, wrapped, flow.

The content of the article is devoted to theoretical substantiation of creation of multicomponent batcher for granular materials.

Количество и качество продукции, получаемое от животных и птицы, в значительной степени зависит от рациона их кормления. Наиболее дорогой составляющей в рационе является комбикорм, который по питательности занимает в рационах для крупного рогатого скота до 25-50, свиней 70-100 и птицы 100%. В свою очередь качество комбикорма зависит от многих факторов, среди которых важным является строгое соответствие рецепта при его производстве [1].

Соотношение компонентов в рецептах комбикормов для разного вида животных и их половозрастных групп различное. Анализ рецептов комбикормов показывает, что в их состав входит до 15 компонентов, которые можно объединить в две группы – это зерновая и белково-витаминно-минеральная добавка (БВМД).

Ввиду непомерной стоимости покупных комбикормов его производства организуют в самих хозяйствах на базе собственного сырья и покупаемых БВМД, в этом случае стоимость комбикорма на 20…40% дешевле покупного, что доказывает солидный опыт работы комбикормовых цехов в хозяйствах.

Из зерновых компонентов чаще используются пшеница, ячмень, горох, кукуруза и непременно БВМД, в состав которых входят мел, ракушка, соль, рыбная и мясо-костная мука, жмых, шроты, жир, травяная мука, премиксы и многое другое. Таким образом, в состав комбикорма входят четыре компонента, соотношение которых в разных рецептах комбикорма различное, т.е. для каждого из четырех компонентов в технологической схеме надо предусматривать отдельный дозатор, что реализовано на практике в конструкциях агрегатов для приготовления комбикормов типа ОКЦ-15, УМК-Ф-2 и других.

Нужно отметить, что в последнее время начат выпуск установок типа «Доза», которые, однако, из-за высокой стоимости недоступны для большинства потребителей, особенно для личных подсобных (ЛПХ) и фермерских (КФХ) хозяйств.

За редким исключением в технологических схемах таких цехов применяют объемные дозаторы, как наиболее дешевые и простые по устройству. К сожалению, они могут дозировать только один компонент и в большинстве конструкций имеют довольно сложный привод рабочего органа.

Анализ конструкций и теоретические основы работы объемных дозаторов достаточно изложены в работах [1, 2, 3]. За редким исключением идея работы этих дозаторов заключается в том, что дозируемый сыпучий материал из бункера через щель попадает на активный рабочий орган, ко-

торым направляется для дальнейшей обработки. Причем щель может иметь самые разнообразные формы и размеры, а активный рабочий орган, непременно находящийся под щелью, может совершать разнообразные виды движений, параметры которых зависят от очень многих факторов.

Учитывая это и используя особенности работы шнека как транспортирующего устройства, мы предлагаем многокомпонентный дозатор, который по способу дозирования является объемным, а по конструкции шнековым. Общеизвестно, что действительная массовая подача шнека (Q, кг/ч) определяется по формуле:

$$Q = \kappa D^2 S n \rho \beta \gamma, \qquad (1)$$

где κ – переводной коэффициент, $\kappa = 47$;

D – диаметр шнека, м;

S – шаг витков шнека, м;

n – частота вращения шнека, об/мин;

ρ – объемная масса дозируемого материала, кг/м^3;

β – коэффициент заполнения шнека, $\beta \leq 1$;

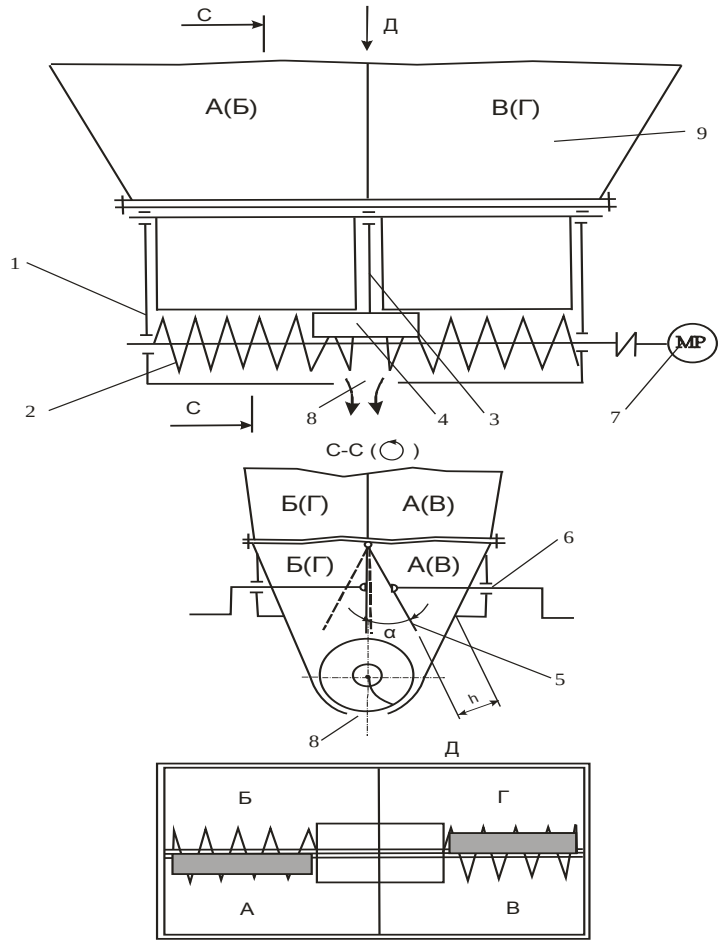
γ – поправка на угол наклона шнека, при его горизонтальном расположении $\gamma = 1$.

Анализ формулы (1) показывает, что при постоянных конструктивных и кинематических параметрах шнека его подача зависит только от объемной массы дозируемого материала и коэффициента заполнения межвиткового пространства шнека. Учитывая вышеизложенное и конструктивные особенности шнека, нами разработана технологическая схема многокомпонентного дозатора, идея работы которого показана на рисунке 1. Он имеет корпус 1, в котором находится активный рабочий орган – шнек 2 [4].

Корпус дозатора разделен на четыре части: пополам неподвижной перегородкой 3 с накладкой 4, а каждая половинка разделена еще пополам подвижными перегородками 5, положение которых регулируется устройством 6. В качестве привода шнека использован мотор-редуктор 7.

Накладка 4 перекрывает несколько витков шнека и предотвращает самопроизвольное высыпание материала в окно 8, которое находится в центре днища корпуса. Особенностью конструкции самого шнека является то, что его витки имеют встречную навивку от концов к середине.

Если дозатор соединить с бункером 9, разделенным на четыре секции так, что его перегородки будут совпадать с перегородками в корпусе дозатора, то получится агрегат для получения комбикорма из четырех компонентов, что соответствует рецептам комбикормов для большинства животных.



1 – корпус; 2 – шнек; 3 – неподвижная перегородка; 4 – накладка; 5 – подвижные перегородки; 6 – устройство регулирования; 7 – мотор-редуктор; 8 – выгрузное окно; 9 – бункер наддозаторный.

Рисунок 1 – Технологическая схема работы дозатора

Как видно из рисунка 1, при работе агрегата компоненты комбикорма (А, Б, В и Г) из отсеков наддозаторного бункера 9 пересыпаются в отсеки дозатора и через щели между корпусом 1 и заслонками 5 попадают на вращающийся шнек 2 и перемещаются к выходному окну 8, откуда они попадают в измельчитель, на выходе из которого имеем комбикорм. Соотношение компонентов по рецепту достигается изменением ширины (h) щели путем поворота заслонок 5 на угол (α) системой их индивидуального привода 6.

Подача дозатора определяется из выражения:

$$Q = Q_A + Q_Б + Q_B + Q_Г, \qquad (2)$$

где $Q_{А,Б,В\ и\ Г}$ – подача шнека по отдельным компонентам, кг/ч.

Подача по отдельным компонентам определяется по схожим формулам, например для компонента А:

$$Q_A = \kappa D^2 S n \rho_A \beta_A, \quad (3)$$

где ρ_A – объемная масса компонента А, кг/м^3;

β_A – коэффициент заполнения части шнека, которая подает компонент А.

На виде Д показана ситуация, при которой заслонки, регулирующие подачу компонентов А и Г, повернуты на некоторый угол (α), что уменьшило размер (h) щели и, соответственно, уменьшило их подачу, а заслонки, регулирующие подачу компонентов Б и В, находятся над соответствующей частью шнека в вертикальном положении, при котором угол их поворота ($\alpha = 0$), а величина щели (h_{max}), что соответствует их максимальной подаче.

Испытания макета такого дозатора в лабораторных условиях показали его работоспособность и подтвердили теоретические предпосылки возможности дозирования четырех компонентов одним шнеком. Выяснилось также, что подача компонентам из отсеков секций шнеком зависит от направления его вращения относительно находящегося над ним отсека. В принципе диаметр и шаг витков шнека по парным отсекам могут быть разными, что значительно расширяет технологические возможности дозатора.

Литература

1. Сараев, И.Ф. Тарельчатый многокомпонентный дозатор [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т.1. – № 1. – С. 119-122.

2. Сараев, И.Ф. К вопросу о разработке многокомпонентного дозатора [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Т.3. – № 3. – С. 77-79.

3. Дозатор сыпучих материалов [Текст] : пат. 2490876 Рос. Федерация : МПК A01K5/02 (2006.01) / Сараев И.Ф., Коняев Н.В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова. – № 2011152440/13 ; заявл. 21.12.2011 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24 : ил.

4. Комбикормовый агрегат [Текст] : пат. 2425597 Рос. Федерация : МПК A23N17/00 (2006.01) B02C18/00 (2006.01) / Сараев И.Ф., Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. ; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова. – № 2010108292/13 ; заявл. 05.03.2010 ; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22 : ил.

УДК 628.931

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

К.т.н. Н.В. Коняев, Д.В. Соин, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: энергосбережение, освещение, осветительная установка, светодиод, спектр излучения.

Предложено применить для освещения животноводческих помещений систему на базе универсальных осветительных установок, оснащенных помимо обыкновенных осветительных светодиодных источников света красными светодиодами.

ENERGY SAVING IN LIGHTING SYSTEM LIVESTOCK BUILDINGS

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
D.V. Soin, B.S. Blinkov, Y.V. Nazarenko
(FSBEE HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Keywords: energy saving, lighting, lighting installation, the led emission spectrum.

Invited to apply for the lighting of livestock premises system based on universal lighting systems equipped in addition to ordinary lighting led light sources are red LEDs.

Освещенность является одним из важнейших параметров микроклимата, обеспечивающих нормальный рост и развитие животных, находящихся в помещении.

При нормировании естественного освещения (таблица 1) пользуются двумя показателями: световым коэффициентом (СК) и коэффициентом естественной освещенности (КЕО). СК – это отношение площади остекленной части окон I к площади пола. КЕО – процентное отношение горизонтальной освещенности внутри помещения ($E_{вн}$) к одновременной горизонтальной освещенности под открытым небом при рассеянном свете небосвода ($E_{нар}$). В общем виде это отношение записывается так:

$$КЕО = E_{вн} \cdot 100/E_{нар}.$$

Помимо нормированной освещенности, для животных большое влияние имеет график освещенности по времени суток. Оптимальный био-

логический ритм для сельскохозяйственных животных, в том числе для крупного рогатого скота, очень важен. Одним из факторов, оказывающих влияние на биологический ритм, является свет. Тщательно спланированный график искусственной освещенности позволяет коровам получать достаточно света в дневное время и обеспечивает им в темный период время для отдыха.

Таблица 1 – Нормы освещения помещений для крупного рогатого скота

Показатели	Нормы естественного освещения		Искусственная освещенность в зоне размещения животных
	Коэффициент естественной освещенности (КЕО) %	Световой коэффициент (СК)	
Для привязного и беспривязного содержания коров, нетелей, доращивания молодняка	0,8-1,0	1:10-1:15	50-200
Для откорма КРС	0,4-0,5	1:20-1:30	30-70
Родильное отделение	0,8-1,0	1:10-1:15	75-150

Известно, что продуктивность коров зависит от длительности и интенсивности освещения. Освещение порядка 150-200 люкс в течение 16-18 часов, а в оставшиеся 6-8 часов – темнота, может увеличить молочную производительность на 5-15%. Такой световой режим хорошо подходит для молочного скота и молодняка. Для сухостойного поголовья, напротив, более благоприятен противоположный световой режим – 8 часов света и 16 часов темноты – это стимулирует рост [1].

В настоящее время в животноводческих помещениях используют светильники, которые оснащены лампами накаливания, металлогалогенными лампами, ртутно-дуговыми лампами типа ДРЛ, натриевыми лампами высокого давления типа ДНаТ, люминесцентными лампами низкого давления и светодиодными источниками света. Основные их характеристики приведены в таблице 2 [2].

Наиболее подходящими и благоприятными по спектру излучения являются лампы накаливания. Однако эти лампы являются самыми неэкономичными и энергоемкими источники света, их световой КПД составляет лишь 3,5%, а световая отдача достигает только 10 лм/Вт. Недостатки использования следующих трех типов ламп заключаются в высоком энергопотреблении и наличии пускорегулирующей арматуры (ПРА). Все данные источники света характеризуются наличием пульсирующего светового по-

тока. Такой тип освещения с цветностью излучения 3000-7000 К далек от естественного, что отрицательно сказывается на состоянии и биоритмах животных.

Таблица 2 – Сравнение различных типов ламп, применяемых в животноводческих помещениях для КРС

Тип ламп	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Срок службы, тыс. часов	Наличие мерцания	Цветность излучения, К
Лампа накаливания	60,75,100, 150	800-2060	0,8-1,2	нет	2400-2800
Металлогалогенные	250,400, 700	19000-59500	3-5	есть	2700-7000
Ртутно-дуговые лампы типа ДРЛ	80, 125, 250, 400, 700	3600-40600	8-15	есть	3800-4200
Натриевые типа ДНаТ	70, 100, 150, 250, 400	6000-48000	12-25	есть	2000-2200
Люминесцентные низкого давления типа ЛБ, ЛД	36, 40, 65,80	2200-5200	12000	есть	4200-6500

Несмотря на то, что четвертый тип ламп типа ЛБ и ЛД имеет низкое энергопотребление и высокую светоотдачу, он имеет свои недостатки. Люминесцентные лампы низкого давления работают в узком температурном интервале (-10…+40°С), имеют сложную систему ПРА. Также среди минусов можно отметить дорогостоящий особый процесс утилизации данных ламп из-за содержания в них ртути.

В ночное время искусственное освещение в помещениях для крупного рогатого скота должно составлять 15-20% от общего освещения, по требованиям должно работать дежурное освещение (10% от числа всех осветительных установок). Как правило, для этого используется часть светильников рабочего освещения, что приводит к увеличению энергопотребления.

Для дежурного освещения нецелесообразно использование металлогалогенных и натриевых ламп, при их использовании у животных в ночное время суток не вырабатывается мелатонин, сбивается биоритм. Все это приводит к снижению продуктивности и болезням КРС.

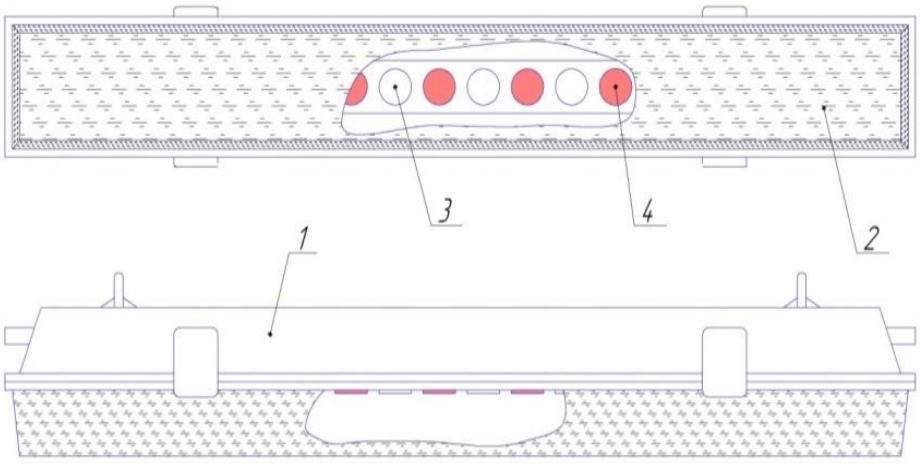
Зарубежные фермеры на практике используют систему освещения, которая основана на особенности зрения коров: они не видят красный свет. Для дежурного освещения за рубежом используют осветительные установки с инфракрасными лампами, их мощность 250 Вт. С помощью этих технологий фермеры могут контролировать своих животных, не мешая их отдыху. Применение такой системы достаточно энергозатратно [3]. В отечественном животноводстве до недавнего времени использовали в ночное время лампы накаливания из синего стекла мощностью 60 Вт.

В настоящее время в качестве энергосберегающих систем используют отечественные светильники марок DS-Agro, Светоч «Универс» и др., оснащенные светодиодными источниками света. В линейке этих осветительных систем имеются как светильники дневного света, так и светильники, оснащенные красными светодиодами. При монтаже в помещениях размещают такие светильники в линиях поочередно. Это не очень удобно при эксплуатации, подключении и соблюдении нормированной освещенности.

Исходя из этого, мы пришли к выводу, что для животноводческих помещений по содержанию КРС необходима разработка новой универсальной системы освещения в дневное и ночное время, которая будет благоприятно влиять на животных, а также отличаться низким энергопотреблением. Известны энергосберегающие универсальные осветительные установки, применяемые в животноводстве [4, 5, 6], но все они обеспечивают освещение световым потоком одного спектра излучения.

Мы предлагаем использовать систему освещения на базе комбинированных осветительных установок. Конструкция такой установки показана на рисунке 1. В качестве источника света будут использоваться 19 светодиодов двух типов: 9 красных мощностью 2 Вт и 10 белых мощностью 3,2 Вт. Светодиоды располагаются вдоль одной линии в чередующемся порядке, тем самым обеспечивая равномерность освещения. Светодиодные модули закреплены на корпусе и закрыты защитным пластиковым плафоном.

Режим работы осветительной установки таков: в дневное время работают оба типа светодиодов, а в ночное – только красные. Известно, что сочетание спектра свечения белых и красных светодиодов дает излучение, близкое по восприятию к солнечному свету, что благоприятно будет влиять на животных и способствовать лучшим условиям работы персонала. Установка может запитываться и управляться как одна, так и в группе осветительной линии.



1 – корпус; 2 – защитный плафон; 3 – белый светодиод; 4 – красный светодиод.

Рисунок 1 – Общая светодиодная осветительная установка

Применение защитного рассеивающего плафона позволяет создать равномерный одинаковый по спектру бестеневой световой поток. Тогда суммарное потребление энергии 1 осветительной установки днем будет составлять 50 Вт, в темное время – 18 Вт, что значительно экономичнее по сравнению с другими источниками света.

Литература

1. Информационный ресурс. Народная ферма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://webfermer.narod.ru/svet_krs.htm.
2. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: справочник [Текст] / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива [Электронный ресурс]. – 2007. – 255 с. – ISBN 978-985-6591-39-9.
3. Информационный ресурс. Система освещения «АгриЛед Ред» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biocomtechnology.ru/ru/farm/type 32/id85.
4. Коняев, Н.В. Энергосбережение в освещении [Текст] / Н.В. Коняев // Электрика. – 2015. – № 4. – С. 21-23.
5. Коняев, Н.В. Новое в освещении [Текст] / Н.В. Коняев, Н.И. Коняева // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно-практической конференции. – Курск, 2014. – С. 60-63.
6. Блинков, Б.С. Новое в освещении коровников [Текст] / Б.С. Блинков, Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 2015. – С. 37-40.

УДК 621.31

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СОСТАВЕ ЯЧЕЕК КРУ

Магистрант Е.Н. Куртикова
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь)

Ключевые слова: резистивное заземление, нейтраль, ячейка, КРУ.

Рассматриваются способы заземления нейтрали, предлагается рассмотреть реализацию резистивного заземления в составе ячеек КРУ.

REALIZATION OF NEUTRAL GROUNDING RESISTOR AS PART OF SWITCHGEAR ASSEMBLY CELLS

Undergraduate E.N. Kurtikova
(GSTU, Gomel, Republic of Belarus)

Keywords: resistive earthing, neutral, cell, KRU.

It invited to consider the implementation of a resistive ground as part of switchgear cells, the methods of earthing.

В Республике Беларусь, странах СНГ и многих других странах мира до настоящего времени широкое распространение получила система изолированной нейтрали и система компенсированной через дугогасящий реактор нейтрали сетей 6-35 кВ. Однако данные типы заземления нейтрали имеют ряд недостатков. В настоящее время с учетом опыта эксплуатации признано целесообразным проводить модернизацию системы заземления нейтрали сетей 6-35 кВ путем заземления ее через резистор, т.е. переходить на резистивную систему заземления нейтрали.

Режим заземления нейтрали сетей 6-35 кВ через резистор должен обеспечивать:

– снижение уровня перенапряжений в сети при ОЗЗ;

– нормальное функционирование работы РЗА при ОЗЗ, действующей либо на отключение поврежденного присоединения, либо на сигнал о его повреждении;

– исключить или снизить вероятность повреждения людей и животных при ОЗЗ;

– при всех рабочих и защитных функциях обеспечивать экономическую целесообразность принимаемых мероприятий.

Резистивное заземление нейтрали может осуществляться одним из следующих способов:

– включение резистора в нейтраль обмотки силового трансформатора, соединенной по схеме «звезда с нулем»;

– включение резистора в нейтраль обмотки высшего напряжения специально устанавливаемого трансформатора заземления нейтрали (ТЗН) со схемой соединения обмоток Y0/Δ;

– включение резистора в нейтраль обмотки высшего напряжения трансформатора собственных нужд (ТСН) со схемой соединения обмоток Y0/Δ;

– подключение резистора через силовой фильтр нулевой последовательности ФМЗО [1].

Наиболее распространенным способом включения резистора в нейтраль сети является установка специального трансформатора ТЗН со схемой соединения обмоток Y0/Δ-11 [2].

Проектируемый шкаф комплектного устройства частичного заземления нейтрали предназначен для присоединения к секции любого распределительного устройства 6-10 кВ. Шкаф ЧЗН может быть установлен как по торцам секции КРУ, так и отдельно в помещении распределительного устройства, где есть свободное место.

Частичное заземление нейтрали осуществляется подключением к сборным шинам, каждой секции в одной точке дополнительного заземляющего трансформатора, обмотка высокого напряжения которого соединена в звезду с выделенной нейтралью. В электрическую цепь нейтрали подключается измерительный трансформатор тока, нейтраль заземляется через блок резисторов. Обмотка низкого напряжения соединена в треугольник и в схеме не участвует, к выводам высокого напряжения подключается ограничитель перенапряжения. Таким образом, шкаф ЧЗН состоит из металлического сборно-сварного каркаса, на котором установлена дверь и может быть при необходимости размещен релейный шкаф, в каркасе располагаются все элементы, перечисленные ранее. При этом трансформатор для заземления нейтрали установлен на выкатном элементе, исключающем необходимость применения подъемных механизмов при его встраивании в шкаф или выемке из шкафа.

В сетях с резистивным заземлением нейтрали защита от ОЗЗ должна устанавливаться на всех отходящих присоединениях. Должна быть предусмотрена защита самого резистора с действием на отключение секции (ввода) или присоединения резистора (если допускается работа сети в режиме изолированной нейтрали).

Устройство резистивного заземления нейтрали подключается к сети через линейную ячейку КРУ 6-10 кВ со стандартным набором релейных защит (МТЗ, отсечка, защита от замыканий на землю) [3].

Осуществим сравнительный анализ разрабатываемого шкафа ЧЗН со шкафами других производителей, полученный результат представим в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение шкафов ЧЗН по техническим характеристикам

Наименование параметра	Значение параметра		
	Московский завод «Электрощит» [4]	ООО «РЗВА Электрик» [5]	Разрабатываемый шкаф ЧЗН
Номинальное напряжение сети, кВ	6, 10	6, 10	6, 10
Тип трансформатора Схема соединения обмоток	ТСН3-63/10У3 Y0/Δ	ТСН3-63/10У3 Y0/Δ	ТСН3-63/10У3 Y0/Δ
Активное сопротивление, Ом	100, 150	100, 150	100-300
Допустимые токи через резистор при ОЗЗ, А	40 А в течение 1,5 с 5 А в течение 1ч 3,5 А в течение 2 ч	40 А в течение 1,5 с 5 А в течение 1 ч 3,5 А в течение 2 ч	40 А в течение 1,5 с 5 А в течение 1 ч 3,87 А в течение 2 ч
Тип ограничителя перенапряжения	ОПН-РТ/TEL-6УХЛ2 ОПН-РТ/TEL-10УХЛ2	Определяется заказчиком	Определяется заказчиком
Трансформатор тока	ТЛК 10-5-0,5/10Р-50/5	ТОЛ-10-1	Определяется заказчиком
Ввод силового и контрольного кабеля	Снизу	Снизу	Снизу (возможно другое исполнение)
Масса комплектного устройства, кг	900	720	750

Основные преимущества разрабатываемого шкафа ЧЗН: комплектное изделие заводской готовности, позволяющее реализовать резистивное заземление нейтрали в любой сети 6-10 кВ; мобильность (устройство может перемещаться за счет наличия съемных катков); простота обслуживания; устойчивость к коррозии; защита персонала от прямого прикосновения к токоведущим частям шкафа; взрывобезопасность (охлаждение и изоляция резистора воздушные).

Литература

1. СТП 09110.20.187-09 «Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6-35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор».
2. Журнал № 5 «Новости Электротехники».
3. Виштибеев, А.В. О резистивном заземлении нейтрали в сетях 6-35 кВ [Текст] / А.В. Виштибеев, К.П. Кадомская // Энергетик. – 2001. – № 3. – С. 33-34.
4. Комплектное устройство для частичного заземления нейтрали в сетях 6 (10) кВ серии К104-М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www.moselectroshield.ru/upload/techdoc/ HZN2009.pdf.

5. Устройства комплектные распределительные серии КУ-10Ц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eastelectro.ru/data/files/ku-10.pdf

УДК 621.31

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТК РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ОАО «БМЗ – УКХ БМК»

Магистрант И.С. Лазюк
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь)

Ключевые слова: металлургия, реактивная мощность, компенсация, коэффициент мощности.

Рассматриваются наиболее эффективные способы компенсации реактивной мощности, потребляемой дуговыми сталеплавильными печами в процессе выплавки стали.

USEFULNESS OF STATIC THYRISTOR VAR COMPENSATOR ON OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF «BMC» HOLDING»

Undergraduate I.S. Laziuk
(GSTU, Gomel, Republic of Belarus)

Keywords: metallurgy, reactive power, compensation, power factor.

We consider the most effective ways to compensate the reactive power consumed by electric arc furnaces in the steel production.

В настоящее время дуговые сталеплавильные печи являются самыми мощными электроприемниками в металлургии и одними из самых мощных в промышленности Республики Беларусь. ДСП являются электроприемниками с нелинейной, резкопеременной и нессиметричной нагрузкой. Их работа вызывает сильные возмущения в питающей сети, что является причиной ухудшения показателей качества электроэнергии. Помимо этого, ДСП имеет низкий коэффициент мощности, равный 0,72-0,75, что приводит к потреблению из питающей сети значительного количества реактивной мощности. В результате этого увеличиваются потери электроэнергии во всех элементах электрических сетей, а также появляется причина для повышения тарифов на электроэнергию для данного предприятия. Исходя из этого, большинство ДСП комплектуют статическими тиристорными компенсаторами (СТК) – быстродействующими устройствами динамической компенсации реактивной мощности, которые осуществляют поддержание номинального напряжения

на первичной стороне печного трансформатора и обеспечивают нормативные показатели качества электроэнергии в системе электроснабжения.

На современных электросталеплавильных производствах для компенсации реактивной мощности используется широкий спектр компенсирующих устройств с различным набором функций в зависимости от мощности печи, конфигурации и параметров системы электроснабжения.

На Белорусском металлургическом заводе установлены 3 дуговые сталеплавильные печи мощностью 95 МВА каждая и 2 печь – ковша мощностью 20 МВА каждый. В связи с проведением плановой реконструкции ГПП № 2 (ПС «Прокат») встает вопрос о выборе наиболее подходящей системы компенсации реактивной мощности.

Рассмотрим три вида компенсирующих устройств для ДСП, которые наиболее распространены на средних и крупных металлургических предприятиях. Однолинейные схемы представлены на рисунке 1.

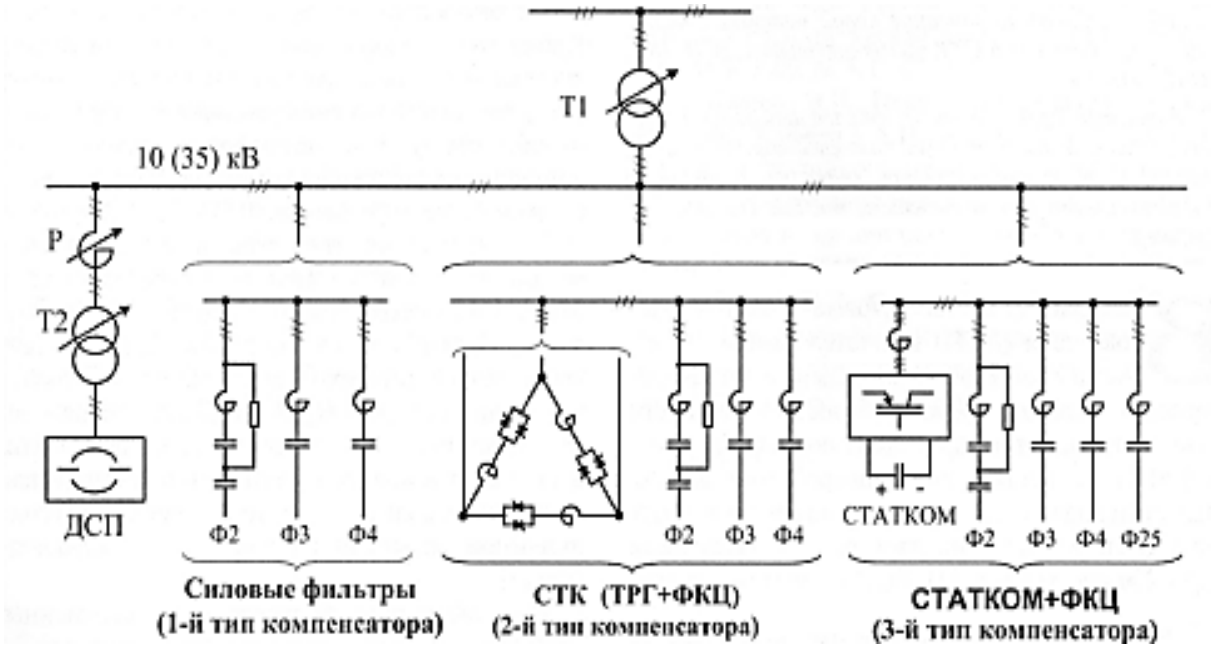


Рисунок 1 – Основные типы компенсаторов для дуговых печей

1) Фильтрокомпенсирующие цепи (ФКЦ) – состоят из нескольких фильтров высших гармоник различной конфигурации. Осуществляют две функции: компенсацию реактивной мощности до приемлемого tg φ и фильтрацию высших гармоник токов дуговой печи. **Преимуществом** данной системы является низкая стоимость, простота установки и обслуживания. К **недостаткам** можно отнести невозможность быстрого регулирования реактивной мощности, отсутствие функции симметрирования нагрузки и невозможность эффективно компенсировать фликер. В настоящее время данная система применяется на ГПП № 2 и включает в себя ФКЦ второй и пятой гармоники с мощностью по 5 МВАр каждый.

2) Статический тиристорный компенсатор (СТК) – компенсирующее устройство косвенного типа. Является основным видом компенсаторов в системах электроснабжения дуговых сталеплавильных печей средней и высокой мощности. Состоит из тиристорно-реакторной группы (ТРГ) и фильтрокомпенсирующих цепей (ФКЦ). Данный компенсатор способен осуществлять симметрирование нагрузки, эффективно подавлять фликер и поддерживать напряжение в точке подключения на заданном уровне. ФКЦ генерирует реактивную мощность и осуществляет фильтрацию нежелательных для энергосистемы гармоник. Доминирующими гармониками ДСП являются гармоники с номерами 2, 3, 4, 5 и 7. Поэтому ФКЦ имеет в своем составе фильтры, настроенные на подавление данных гармоник. **Преимуществами** данной системы является относительно низкая стоимость, возможность поддержания приемлемых показателей качества электроэнергии, высокое быстродействие и возможность регулирования отдаваемой в сеть реактивной мощности. К тому же, имея уже установленные ранее ФКЦ, можно существенно сэкономить средства за счет использования унифицированного оборудования. К **недостаткам** относятся большие габариты и генерация ВГС при работе ТРГ.

3) СТАТКОМ – усовершенствованный статический компенсатор реактивной мощности. Имеет в своем составе преобразователь напряжения, на базе запираемых IGBT-транзисторов, и фильтрокомпенсирующие цепи. В этом компенсаторе, за счет использования управляемых полупроводниковых ключей, реализовано векторное управление током, который может иметь как индуктивный, так и емкостной характер. У данного преобразователя может присутствовать дополнительный резонансный фильтр для подавления гармоник высокого порядка, генерируемых самим преобразователем. **Преимущества**: большее быстродействие, относительно СТК, меньшая установленная мощность, лучшая степень фильтрации ВГС по сравнению с СТК. **Недостатком** является увеличенная в три раза стоимость, относительно СТК, что значительно увеличивает срок окупаемости. Применение СТАТКОМ является оправданным лишь в том случае, когда параллельно с ДСП работают высокочувствительные электроприемники, которые не могут работать с высоким значением фликера. В таком случае, за счет наиболее высокого быстродействия, СТАТКОМ эффективно подавляет фликер [1].

В случае сверхмощных дуговых печей, система электроснабжения которых построена по принципу «глубокого ввода», с передачей на предприятие напряжения 330 кВ и использовании специальной понизительной подстанции 330/33 кВ, где отсутствуют другие электроприемники, чувствительные к колебанию напряжения и фликеру, применение компенсаторов СТАТКОМ не является целесообразным. В этом случае СТК с достаточным быстродействием и низкой стоимостью хорошо выполняют функ-

цию поддержания напряжения в необходимом диапазоне и компенсации реактивной мощности. Повышенное значение фликера на фоне соблюдения остальных показателей качества напряжения (несинусоидальность, отклонение напряжения и фазная несимметрия) не является критическим. Также значительным фактором является то, что имеется необходимая инфраструктура для установки ТРГ с ФКЦ.

Проанализировав имеющиеся варианты можно сказать, что применение СТК является наиболее приемлемым для данного предприятия.

Литература

1. Николаев, А.А. Исследование режимов работы дуговых сталеплавильных печей в комплексе со статическими тиристорными компенсаторами реактивной мощности [Текст] / А.А. Николаев, Г.П. Корнилов / Электрометаллургия. – 2014. – № 5. – С. 15-22.

УДК 621.316

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID

К.т.н., доцент К.М. Медведев, м.т.н. О.Ю. Пухальская, м.т.н. Дэн Линбинь
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь)

Ключевые слова: надежность, распределительная электрическая сеть, интеллектуальная электрическая сеть, количество отключений, пункт автоматического секционирования.

Исследовано влияние мест установки пунктов автоматического секционирования на количество отключений ВЛ 10 кВ сельскохозяйственного назначения.

GROWTH OF RURAL DISTRIBUTION POWER NETWORKS RELIABILITY USING SMART GRID TECHNOLOGY

Candidate of Technical Sciences, docent K.M. Medvedev, Master of Technical Sciences O.Yu. Poukhalskaya, Master of Technical Sciences Dan Linbin
(GSTU, Gomel, Republic of Belarus)

Keywords: reliability, distribution power network, smart grid, number of interruptions, automatic sectionalization station.

Influence of installation points of automatic sectionalization stations on number of interruptions of 10 kV rural overhead lines is investigated.

В связи с ростом требований сельскохозяйственных потребителей к надежности электроснабжения важным направлением развития электроэнергетики становится повышение надежности распределительных электрических сетей, а в качестве одного из наиболее перспективных мероприятий выступает использование интеллектуальных электрических сетей – Smart Grids [1, 2, 3].

Интеллектуальная электрическая сеть – Smart Grid – это модернизированная сеть электроснабжения, которая использует информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющая автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Оборудование интеллектуальных электрических сетей взаимодействует друг с другом и образует единую интеллектуальную систему электроснабжения.

Целью статьи является исследование влияния мест установки пункта автоматического секционирования (ПАС) на количество отключений ВЛ 10 кВ сельскохозяйственного назначения.

Количество повреждений ВЛ 10 кВ сельскохозяйственного назначения M_{10} определяется по формуле, приведенной в [4, 5].

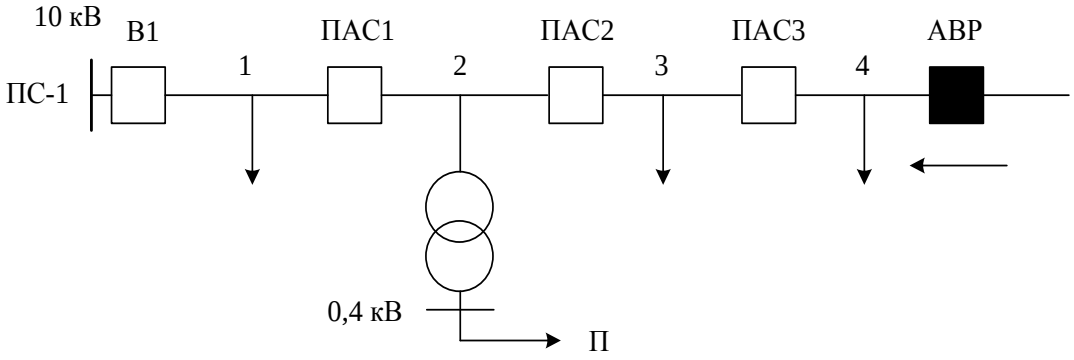
В случае отсутствия на ВЛ 10 кВ автоматики количество отключений потребителей N_{10} равно количеству повреждений на ВЛ 10 кВ M_{10}, т.е.

$$N_{10} = M_{10}. \quad (1)$$

В случае использования на ВЛ технологии Smart Grid (наличие на ВЛ 10 кВ сетевого автоматического ввода резерва (АВР)) осуществляется автоматическое управление аварийными режимами и при некоторых повреждениях на линии 10 кВ не будет происходить отключения присоединенных к ней потребителей, т.е. $N_{10} < M_{10}$ [4, 5].

Рассмотрим, что представляет собой интеллектуальная сеть с точки зрения повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. В нормальном режиме сеть работает как разомкнутая. В случае повреждения какого-то участка или центра питания он отсоединяется ближайшим секционирующим устройством, а на неповрежденную часть подается напряжение от линии, питающейся от другой подстанции или другой секции шин той же подстанции.

На рисунке 1 приведен пример устройства сетевого АВР одностороннего действия для ВЛ 10 кВ.



ПС-1 – питающая подстанция № 1; В1 – выключатель на ПС-1, ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; АВР – пункт автоматического включения резерва; 1-4 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии.

Рисунок 1 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ реклоузерами

В этой схеме потребитель П будет отключаться в следующих случаях:

• при повреждении на той части ВЛ 10 кВ, к которой он подключен (участок 2 между ПАС1 и ПАС2);

• при повреждении участков между ПС-1 и ПАС в начале участка, к которому присоединен потребитель П (ПАС1), и отказе ПАС1 или АВР;

• при повреждении части ВЛ между первым ПАС за участком, к которому присоединен потребитель П и следующий за ним (участок 3 между ПАС2 и ПАС3), и отказе ПАС.

Количество отключений потребителей определяется по формуле [5]:

$$N_{10} = M_{10} \cdot \left(\frac{L_{\text{Ч}}^{\text{П}}}{L} + (q_{\text{ПАС}} + q_{\text{АВР}}^{10}) \cdot \frac{L_{\text{Ч}}^{\text{Г}}}{L} + q_{\text{ПАС}} \cdot \frac{L_{\text{Ч}}^{\text{За}}}{L} \right), \qquad (2)$$

где $L_{Ч}^{П}$ – протяженность участка ВЛ 10 кВ, к которому подключен потребитель П, км;

L – полная протяженность ВЛ 10 кВ, км;

$q_{ПАС}$ – вероятность отказа ПАС;

$q_{АВР}^{10}$ – вероятность отказа устройства АВР;

$L_{Ч}^{Г}$ – протяженность части ВЛ 10 кВ между ПС-1 и ПАС в начале участка, к которому присоединен потребитель П, км;

$L_{Ч}^{За}$ – протяженность части ВЛ 10 кВ между первым ПАС за участком, к которому присоединен потребитель П и следующим за ним или концом линии, км.

Исследование влияния мест установки пунктов автоматического секционирования и резервирования на количество отключений потребителей проводилось на модели ВЛ 10 кВ с двумя реклоузерами. Один реклоузер установлен в качестве ПАС, второй – в качестве пункта АВР в точке

нормального токораздела. Реклоузер ПАС делит ВЛ на два участка с длинами L_1 и L_2, соответственно.

Изменяя длину первого участка L_1 от 0,1L до 0,9L (второго участка L_2 от 0,9L до 0,1L, соответственно), рассчитываем количество отключений ВЛ:

• по формуле (2) рассчитывается количество отключений потребителей, подключенных к первому участку ВЛ $N_{10(1)}$, и количество отключений потребителей, подключенных ко второму участку $N_{10(2)}$;

• определяется средневзвешенное значение количества отключений:

$$N_{10}^{SG} = \frac{N_{10(1)} \cdot L_1 + N_{10(2)} \cdot L_2}{L_1 + L_2}. \qquad (3)$$

Определяется снижение количества отключений ВЛ по сравнению с ВЛ без автоматики:

$$\delta N_{10} = \frac{N_{10} - N_{10}^{SG}}{N_{10}} \cdot 100\%, \qquad (4)$$

где N_{10} – количество отключений ВЛ 10 кВ без автоматики;

N_{10}^{SG} – количество отключений ВЛ 10 кВ, оснащенной сетевым АВР.

Зависимость $\delta N_{10} = f(\frac{L_1}{L_1 + L_2})$ представлена на рисунке 2.

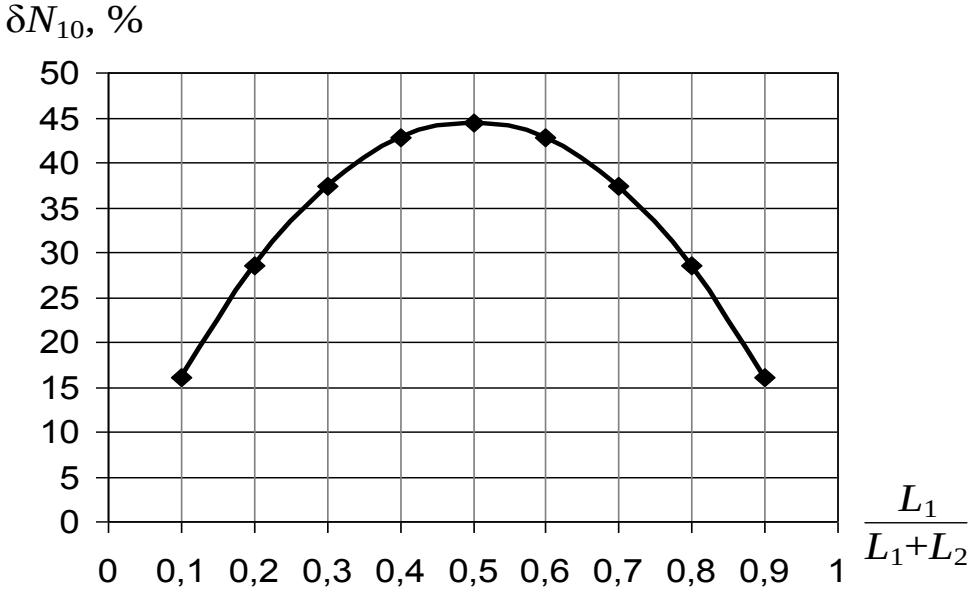


Рисунок 2 – Снижение количества отключений на ВЛ 10 кВ в зависимости от места установки ПАС

Оптимальным местом установки ПАС с точки зрения снижения количества отключений является середина линии, количество отключений ВЛ в этом случае уменьшится на 44,5%.

Выводы

• полученная зависимость позволяет оценить эффективность применения автоматического секционирующего аппарата при его установке в различных точках линии;

• эффективность установки реклоузера в начале и в конце линии относительно невелика;

• оптимальным местом установки автоматического секционирующего аппарата является середина линии, поскольку количество отключений линии при ее повреждении в этом случае снижается на величину до 45%.

Литература

1. Воротницкий, В.В. Распределительные сети 6(10) кВ – модернизация или автоматизация? [Текст] / В.В. Воротницкий и др. // Энергия и Менеджмент. – 2011. – № 2. – С. 11-15.

2. Пухальская, О.Ю. Направления повышения надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения [Текст] / О.Ю. Пухальская, К.М. Медведев // Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод: материалы Всеукраинской науч.-техн. конф., посвященной 60-летию ДГМА, Краматорск, 17-21 декабря 2012 г. / Донбас. гос. машиностроит. акад.; редкол.: А. Ф. Тарасов и др. – Краматорск, 2012. – С. 171-173.

3. Русан, В.И. Интеллектуальные электрические сети как средство повышения надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения [Текст] / В.И. Русан, О.Ю. Пухальская // Энергетическая стратегия. – 2015. – № 6. – С. 39-43.

4. Куценко, Г.Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения по цепи «источник – потребитель» / Г.Ф. Куценко, О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2005. – № 3. – С. 30-33.

5. Пухальская, О.Ю. Расчет количества отключений потребителей агропромышленного комплекса при наличии в сети 10 кВ пунктов автоматического включения резерва [Текст] / О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2008. – № 3-4. – С. 65-70.

УДК 621.315.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАНХЭТТЕНСКОГО РАССТОЯНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕЛИРОВАНИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Аспирант А.В. Никитин
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия)

Ключевые слова: сельские электрические сети, трасса линий электропередач, определение длин линий электропередач.

Предложено использование манхэттенского расстояния для определения длины трассы сельских ЛЭП при разработке технико-экономического обоснования проекта строительства и моделирования сельских электрических сетей.

THE USE OF MANHATTAN DISTANCE IN THE PLANNING AND MODELING RURAL ELECTRIC POWER LINES

Postgraduate student A.V. Nikitin
(FSBEI HE RT SAU, Moscow, Russia)

Keywords: rural electric power lines, electric power line route, defining the lengths of electric power lines.

It is suggested to use Manhattan distance for defining the length of rural power lines routs in order to develop technical and economic assessment for a construction project and for the modeling of rural electric power lines.

Развитие сельских электрических сетей происходит во многом за счет роста электропотребления, обусловленного двумя основными факторами: увеличением электрических нагрузок существующих потребителей электрической энергии и подключением к электрической сети новых потребителей. Для электроснабжения новых потребителей электрической энергии требуется строительство линий электропередач (ЛЭП). При этом процессу строительства предшествует этап разработки технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта строительства, а при применении ЛЭП новых конструкций – этап имитационного моделирования, на которых определяются основные технические и энергетические показатели ЛЭП, стоимость строительства и эксплуатации.

Основным параметром ЛЭП, значительно влияющим на ее технико-экономические показатели, является длина трассы. На этапе разработки

ТЭО проекта или модели зачастую известны только месторасположение потребителя электроэнергии и точка его подключения к электрической сети, но фактическая длина линии остается неизвестной, поскольку требуется проработка нескольких вариантов трасс линий, что представляет собой достаточно долгий процесс, выполняемый в соответствии с требованиями [1, 2], особенно для протяженных ЛЭП напряжением 6 кВ и выше. При этом методы, позволяющие с достаточной точностью предварительно определить длину ЛЭП, отсутствуют.

На начальном этапе электрификации страны за длину трассы ЛЭП при проектировании и моделировании [3] зачастую принимали наикратчайшую длину, соответствующую Евклидову расстоянию между точками начала и конца ЛЭП, вычисляемого по теореме Пифагора. Связано это было с тем, что уровень освоения территорий был невысок, влияние трассы ЛЭП на окружающую среду практически не учитывалось, отсутствовала частная собственность на владение земельными участками, и земли при необходимости могли быть безвозмездно изъяты из пользования под строительство ЛЭП.

В настоящее время анализ процесса выбора трасс ЛЭП показывает, что первостепенным фактором, оказывающим влияние на длину, является пространственная среда, представляющая совокупность ограничений природного (водоемы, горы, лесные массивы) и антропогенного или искусственного (населенные пункты, производственные и сельскохозяйственные территории, объекты инфраструктуры) ландшафта местности (таблица 1).

Таблица 1 – Ограничения пространственной среды

Ограничения природного характера	Ограничения искусственного характера
– заповедные территории – водоемы, в т.ч. охранные зоны водоемов – неблагоприятный ландшафт местности (горы, болота, овраги)	– территории с плотной жилой или промышленной застройкой – территории, находящиеся в частной собственности или имеющие особый статус – ограничения, связанные с нормами прохождения линий электропередач относительно сформировавшихся объектов инфраструктуры (автодороги, магистральные нефте- и газопроводы, ЛЭП), установленные действующей нормативно-технической документацией (НТД)

Учитывая вышеперечисленные ограничения и практику строительства, трасса ЛЭП должна следовать параллельно существующим ограничениям на некотором удалении, установленным НТД. Поскольку пересече-

ние из-за ограничивающих объектов ведет к удорожанию стоимости ЛЭП в месте перехода, длину перехода стараются выполнить минимальной и пересечения выполняют под углом, близким к 90°.

Для разработки методики определения длины трассы ЛЭП составим модель пространственной среды, в прямоугольной системе координат, соответствующей идеализированному случаю, в котором среда будет представлять собой сетку из пересекающихся между собой под прямым углом ограничений (дорога, граница участка, река и др.) [4]. В пространстве составленной модели случайным образом укажем месторасположение потребителя электрической энергии, точки подключения к электрической сети и возможные варианты трасс ЛЭП (рисунок 1). Один из вариантов трассы ЛЭП проходит по наикратчайшему пути, а остальные проходят по разным траекториям с учетом ограничений среды. На основании рисунка 1 определим трассы длин линий, представив их как расстояние между точками начала и конца ЛЭП.

Рисунок 1 – Варианты прохождения трассы ЛЭП

При этом для наикратчайшей траектории ЛЭП, без учета ограничений, длина будет соответствовать Евклидову расстоянию:

$$L_1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}\ , \qquad (1)$$

где ΔX, ΔY – разность координат точек начала и конца линии; для траекторий, учитывающих ограничения среды – манхэттенскому расстоянию или расстоянию городских кварталов, равного сумме модулей разностей координат точек:

$$L_2 = \left|\Delta X + \Delta Y\right|. \qquad (2)$$

Анализируя результаты выражений, можно сделать вывод, что трасса линии, соответствующая наикратчайшему пути, по (1) в действительности практически не встречается, поскольку соответствует единственному варианту прохождения, не учитывающему естественные условия среды. Выражение (2), напротив, описывает длину множества возможных трасс, тем самым учитывая фактические технико-экономические характеристики линии. На основании этого на этапе ТЭО проекта и в моделях сельских электрических сетей стоит учитывать длину линий как манхэттенское расстояние между точками начала и конца ЛЭП.

Для оценки погрешности при определении длины ЛЭП с использованием манхэттенского и Евклидова расстояний рассчитаем длины трассы для примера существующих ЛЭП 10 кВ, отходящих от ПС-35/10 кВ (рисунок 2). Результаты сведены в таблицу 2.

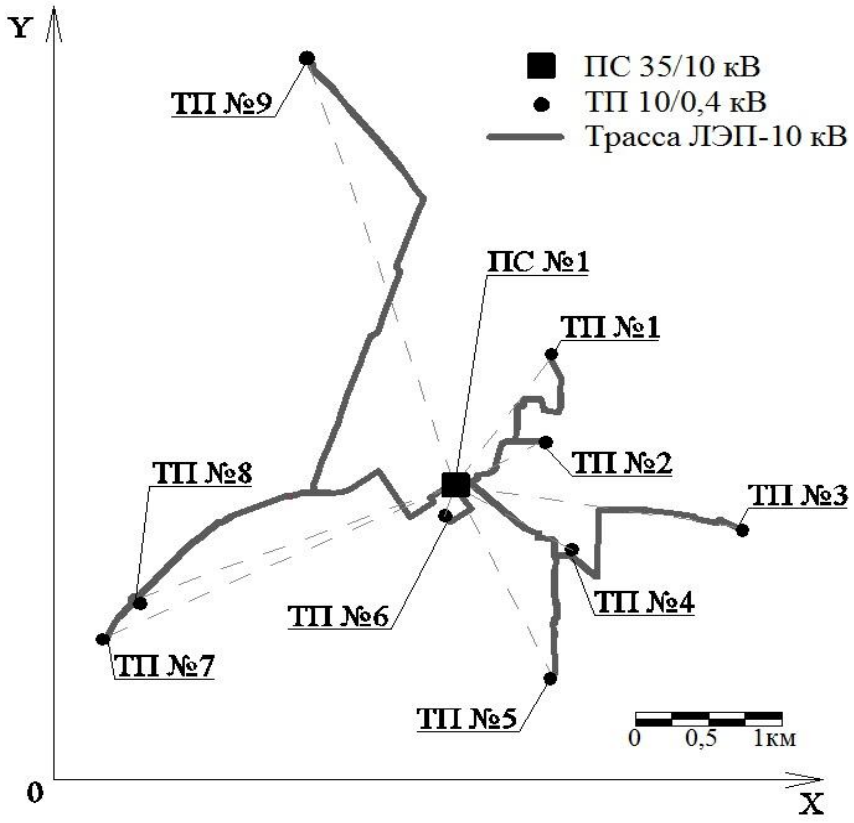


Рисунок 2 – Карта-схема ЛЭП-10 кВ

Анализ результатов показывает, что погрешности при использовании манхэттенского расстояния гораздо меньше, чем при использовании Евклидова, поэтому для повышения точности расчетов при моделировании и проектировании сельских электрических сетей необходимо использовать манхэттенской расстояние.

Таблица 2 – Длины ЛЭП-10 кВ, полученные по выражениям (1), (2)

Наименование линии	Длина по факту L, км	Длина линии по (1) L_1, км	δL_1, %	Длина линии по (2) L_2, км	δL_2, %
ПС№1–ТП № 1	1,60	1,05	34,33	1,47	8,30
ПС№1–ТП № 2	0,78	0,61	22,44	0,82	5,38
ПС№1–ТП № 3	2,65	1,78	32,75	2,03	23,36
ПС№1–ТП № 4	1,08	0,86	20,76	1,19	9,50
ПС№1–ТП № 5	1,82	1,41	22,23	1,87	3,14
ПС№1–ТП № 6	0,37	0,23	37,77	0,27	27,72
ПС№1–ТП № 7	2,91	2,38	18,16	3,17	8,98
ПС№1–ТП № 8	2,60	2,12	18,56	2,74	5,39
ПС№1–РП № 9	4,64	3,02	34,97	3,80	18,15
ИТОГО:	**18,45**	**13,46**	**27,07**	**17,36**	**5,93**

Выводы

Использование манхэттенского расстояния на этапе ТЭО проекта позволяет определять длину линии без проведения продолжительных изыскательских работ по выбору трассы ЛЭП. Наиболее целесообразно использовать предложенный метод для оценки единичных линий протяженностью свыше 5 км и группы линий протяженностью свыше 10 кВ, при этом погрешность находится в допустимых пределах и не превышает 20% и 10% соответственно.

Использование манхэттенского расстояния в технико-экономических моделях сельских электрических сетей позволяет повысить точность расчетов.

Литература

1. Шифр 8.0948-1. Руководство по выбору и согласованию трасс линий электропередачи напряжением 0,38-10 кВ (ВЛ и КЛ) и площадок подстанций [Текст]. – М.: Сельэнергопроект, 1993. – 98 с.
2. РД 34.20.102-87. Руководство по выбору и согласованию трасс воздушных линий электропередачи 35-1150 кВ [Текст]. – М.: Энергосетьпроект, 1989. – 23 с.
3. Плюгачев, В.К. Основы рационального электроснабжения сельского хозяйства [Текст] / В.К. Плюгачев. – Мн.: Сельхозгиз БССР, 1962. – 233 с.
4. Lee, H. Willis Power Distribution Planning Reference Book [Text] / H. Lee. – New York: Marcel Dekker Ink, 2004. – 1218 с.

УДК 62-408

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ АВАРИЙ НА ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Д.т.н., доцент П.С. Орлов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: идентификация наводороживания, коррозионных повреждений стальных подземных трубопроводов, ускоренные методы химико-термической обработки стали.

В работе показаны возможности применения электротехнологий как для бесконтактной идентификации коррозионных повреждений подземных трубопроводов, так и для повышения коррозионной стойкости стали.

THE APPLICATION OF THE ELEKTROTECHNICS FOR THE PREVENTION OF ACCIDENTS IN UNDERGROUND PIPELINES

Doctor of Technical Sciences, Docent P.S. Orlov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Keywords: hydrogen identification of corrosion damages steel integrated underground pipelines, accelerated method chemical-hemical steel processing.

In this paper shows possibilities of application of Electrotechnics for both contactless identification of corrosive damage of underground pipelines, and for increased corrosion resistance steel.

Протяженность линейной части магистральных трубопроводов РФ составляет более 250 тыс. км, ущерб от аварий – 154833,4 тыс. рублей в год. Динамика аварийности магистральных газопроводов приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Динамика аварийности и травматизма газопроводов РФ

Показатель	Год												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Аварии	52	47	53	48	45	40	30	35	38	12	17	21	12
Гибель	8	9	5	6	4	7	7	2	1	3	2	1	0

Наибольшую опасность магистральные газопроводы представляют для сельского населения, постоянно осуществляющего хозяйственную деятельность вдоль трасс трубопроводов. Снизить и предотвратить травматизм работников АПК и промышленности, эксплуатирующих

оборудование пожароопасных и взрывоопасных производств, можно, только уяснив влияние внешней среды на материалы оборудования. Снижает прочность конструкций водород, накапливающийся в сталях без образования химических соединений с железом. Водород всегда содержится в металлах и сплавах, попадая в него во время плавки, сварки, химической и электрохимической обработки. Это водород биографический (миграционный), удаляемый 30-минутной термической обработкой при температурах порядка 670 **К.** Из всех потенциально возможных источников водорода наиболее опасен для подземных трубопроводов электролизный атомарный водород именно потому, что он постоянно образуется в значительных количествах в режиме нормальной эксплуатации газопровода, как только под гидроизоляцию проникнет влага, так как все газопроводы оборудованы тиристорной импульсной катодной защитой, постоянно работающей (при подаче защитных импульсов) в режиме перезащиты [2]. Это подтверждает растрескивание труб только по нижней образующей и только с наружной стороны.

В целях предупреждения аварий и травматизма на пожароопасных и взрывоопасных производствах АПК и промышленности в целях повышения прочностных характеристик материалов оборудования широко используется химико-термическая обработка (ХТО) стали, в результате которой поверхность металла, в результате диффузионных процессов, насыщается атомами легирующих примесей, в качестве которых выступают газы, металлы и чаще всего углерод. Совершенствование теории кристаллизации вещества, привело к введению понятия пространственного компонента в определение агрегатного состояния вещества, представляющее собой способ распределения элементов вещества в окружающем пространстве и внутри реальных тел. Из определения вытекает: любое физическое тело (в том числе любое его агрегатное состояние) включает в себя два необходимых внутренних компонента, вещественный и пространственный, локализованные в окружающем пространстве, описываемые субстанциальным и реляционным способами [3].

Открытие связи пространства и материи принадлежит В.И. Вернадскому [4]. Одним из первых использовал связь вещества и пространства Е.С. Федоров при описании кристаллических решеток [3]. Академик Н.С. Курнаков, затрагивая проблемы вещества и пространства в химических соединениях, показал связь химического процесса со свойствами пространства [5]. Я.И. Френкель одним из первых обнаружил одну из форм внутренних элементов пространства в твердых металлах в виде вакансий и увязал строение вакансий с вакуумом [11]. Работы двух основателей точечных дефектов В. Шоттки [4] и Я.И. Френкеля позволяют считать вакансии элементами пространства, находящимися в равновесии с кристалличе-

ской решеткой вещества. Подобных взглядов придерживаются Б.Я. Пинес и Я.Е. Гегузин, рассматривающие вакансии в кристаллической решетке как равновесный компонент, обладающий объемом и не имеющим массы [7, 8]. Принимая этот подход, получаем: в твердом агрегатном состоянии вещество в виде материи непрерывно, а пространство (вакуум) в виде вакансий – дискретно [4]. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости и уравнение Бернулли распространяют этот вывод на жидкое агрегатное состояние вещества, а уравнение Менедлеева-Клайперона (совместно с уравнениями Бернулли и непрерывности) – на газы и на плазму, хотя это не так очевидно, как в твердом теле, в котором дефекты решетки значительно легче заметить. Кавитация позволяет физически увидеть и непрерывность и дискретность жидкости, находящейся в движении, и влияние кавитации на твердое тело. Непрерывны и неразрывны электрическое поле статического заряда и постоянное магнитное поле. Непрерывны переменные электрическое и магнитное поля, а также электромагнитное поле постоянного по величине значения, хотя последнее имеет двойственную корпускулярно (квантовую)-волновую (электромагнитную) структуру. Но дискретна и сама кристаллическая решетка непрерывного твердого тела и неразрывной жидкости. Дискретны и их связи, обеспечивающие их неразрывность и жесткость и прочность твердых тел.

В процессе исследований механизма разрушения газопроводов в результате наводороживания металла автором предложена физическая модель проникновения водорода в сталь при климатических температурах [2], согласно которой в соответствии с первым законом Фика из-за градиента концентраций (и давлений) газовой фазы у поверхности металла и в межкристаллитных объемах атомы водорода буквально заколачиваются атмосферным давлением в межкристаллитные, межблочные и межфрагментарные пространства. Атомы водорода, массой $\boldsymbol{m}$, с мгновенными скоростями порядка 1900 **м/с** (при нормальных условиях), устремляются в межкристаллитные, межфрагментарные и межблочные объемы к вершинам пустот и соударяются со стенками межэлементных пространств, сближающимися под малым углом α к его вершине.

По современной математической модели диффузионного процесса для одномерного переноса атомы внедрившегося в твердое тело газа перемещаются в металле под действием градиентов концентрации ($\partial c/\partial x$) описывающего собственно диффузионный процесс – массоперенос, протекающий в соответствии с первым законом Фика, а также градиентов потенциала ($\partial \varphi/\partial x$) и температуры ($\partial T/\partial x$). Но эта математическая модель не учитывает участие в транспорте металлоида внедрения из внешней среды в металл градиента давления ($\partial P/\partial x$), описывающего барический перенос (перенос импульса) [2]. Не учитывается и возможность удаления водорода из стали воздействием на нее электромагнитной обработки [2].

Автором предложена уточненная математическая модель транспорта атома внедрения в металл и далее в кристаллическую решетку, учитывающая в механизме проникновения водорода из внешней среды в сталь роль градиента давления, обеспечивающего совместно с градиентами концентрации, температуры и потенциала направленный и упорядоченный перенос металлоида внедрения из внешней среды в металл по межкристаллитным, межфрагментарным и межблочным пространствам и далее в кристаллическую решетку железа исходя из условий нагружения стенок микрополостей [9, 12, 14].

Водород, попавший в межкристаллитные, межфрагментарные и межблочные пространства, создает огромное давление на стенки пустот и сам со стороны стенок испытывает точно такое же воздействие и находится в микрополостях под давлением выше атмосферного, хотя у вершин этих объемов и сохраняется глубокий вакуум. На поверхности стальной трубы функционирует концентрационный гальванический элемент, основной токообразующей реакцией которого на анодных участках является окисление, а на катодных – восстановление водорода. Насыщение стали атомарным водородом изменяет уровень ее потенциала и стальной электрод начинает вести себя как нормальный водородный электрод, так как насыщение стали водородом изменяет ее потенциал за счет разности концентраций атомов водорода внутри и вне металла. Потенциал стали в этом случае определяется математической моделью процесса:

$$\varphi_{\mathbf{K}} = 0{,}0592\ [\boldsymbol{lg}\ (\boldsymbol{P}_{\mathbf{A}} / \boldsymbol{P}_{\mathbf{C}})]\ , \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{P}_{\mathbf{A}}$ и $\boldsymbol{P}_{\mathbf{C}}$ – давление водорода на слабо наводороженной наружной поверхности металла и в сильно наводороженных межкристаллитных, межфрагментарных или межблочных объемах (в стали). Предложенный «Способ определения стойкости металла подземных трубопроводов к стресс-коррозии» (водородному растрескиванию под напряжением) [9] путем измерения бесконтактным дистанционным неразрушающим методом его электродного потенциала с помощью электрода сравнения подтверждает адекватность предлагаемой модели проникновения водорода в металл именно по межкристаллитным, межблочным и межфрагментарным объемам. Разработаны и защищены патентами РФ способ определения коррозионных повреждений подземных газопроводов и способ определения межкристаллитных повреждений катоднозащищенных труб.

В предложенной математической модели слагаемое $(\partial^2 \boldsymbol{\Phi}) / (\partial x \partial t)$ – скорость изменения градиента магнитного потока электромагнитного облучения (член уравнения, описывающий перенос атомов металлоидов внедрения под действием внешнего электромагнитного поля при высокочастотном нагреве металла – электромагнитный перенос, учитывающий воз-

можность эвакуации водорода из стали). Уточненное дифференциальное уравнение массопереноса металлоида внедрения стационарных и динамических процессов химико-термической обработки стали имеет вид:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -D \cdot (\frac{\partial c}{\partial x} + A\frac{\partial P}{\partial x} + B\frac{\partial T}{\partial x} + X\frac{\partial^2 T}{\partial x \cdot \partial t} + Y\frac{\partial V_M}{\partial x} + C\frac{\partial \varphi}{\partial x} + C\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \cdot \partial t}) \cdot S \cdot M \,, \quad (2)$$

где $\partial m / \partial t$ – количество вещества ∂m [г], прошедшее через площадку S [м^2] за время ∂t [с] (массоперенос);

M – вес грамм-молекулы диффундирующего вещества [**г/моль**];

A, B; ***C, X, Y*** – интегральные коэффициенты.

($\partial^2 T$) / ($\partial x \partial t$) – скорость изменения градиента температуры (член уравнения, описывающий перенос атомов металлоидов внедрения под действием циклического изменения градиента температуры – фазовый перенос, учитывающий возможность ускоренного перемещения легирующего элемента в стали (в процессе фазового перехода металл в ограниченном объеме находится в псевдожидком состоянии). Подобное математическое моделирование применяется и для описания иных процессов [13].

Скорость фазового и электромагнитного переносов атомов внедрения в стали при оптимальных условиях протекания процесса достигает 0,1 **мм/с.**

Очевидно, что предложенная модель проникновения водорода в металл именно по межкристаллитным, межфрагментарным и межблочным пространствам справедлива для других газов и углерода, что позволяет управлять скоростью протекания реакций ХТО.

Повышение эксплуатационных свойств материалов взрывоопасных и пожароопасных газифицированных объектов промышленности и АПК имеет одной из своих главных целей снижение травматизма и несчастных случаев вследствие взрывов и пожаров. Подвергая низкоуглеродистую сталь импульсному воздействию электромагнитного поля в среде с высоким углеродным потенциалом, в оптимальном температурном коридоре, можно ускорить процесс цементации, так как фактором, определяющим эффективность протекания технологического процесса, будет не температура, а скорость ее изменения при термоциклировании. По этой технологии разработаны и защищены патентами РФ способ повышения стойкости стали к коррозии цементацией импульсным методом и алитированием, позволяющий повысить коррозионную стойкость труб и высокотемпературных поверхностей нагрева; способ получения сталеалюминиевого контактного провода, сталеалюминиевого провода для ЛЭП и способ сварки алюминиевых шин; получен приоритет на медный провод со стальным сердечником [10].

Литература

1. Абдрахимов, Ю.Р. Методы диагностирования магистральных трубопроводов [Текст] / Ю.Р. Абдрахимов, З.А. Закирова, А.Х. Басирова // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 4. – С. 46-49.
2. Голдобина, Л.А. Предупреждение аварий и катастроф на катоднозащищенных подземных трубопроводах бесконтактными методами идентификации коррозионного разрушения [Текст] / Л.А. Голдобина, В.С. Шкрабак, П.С. Орлов. – Санкт-Петербург-Ярославль: ЯГСХА, 2012. – 204 с.
3. Скорчеллетти, В.В. Теоретические основы коррозии металлов [Текст] / В.В Скорчеллетти. – Л.: Химия, 1973. – 263 с.
4. Гаврилин, И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов [Текст] / И.В Гаврилин. – Владимир: ВГУ, 2000. – 250 с.
5. Вернадский, В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в живой и неживой материи [Текст] / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1975.–290 с.
6. Курнаков, Н.С. Избранные произведения [Текст] / Н.С. Курнаков. – М.: АН СССР 1939. – Т. 3. – 340 с.
7. Пинес, Б.Я. Равновесие металл – вакансия [Текст] / Б.Я. Пинес // Журнал технической физики. – 1967. – Вып. 10. – С. 2314.
8. Гегузин, Я.Е. Микроскопические дефекты в металле [Текст] / Я.Е. Гегузин. – М.: Металлургия. – 1962. – 233 с.
9. Орлов, П.С. Способ определения стойкости металла подземных трубопроводов к стресс-коррозии [Текст] / П.С. Орлов, Л.А. Голдобина, В.П. Гусев, В.С. Шкрабак, Г.Ф. Мокшанцев, В.В. Шкрабак, Р.В. Шкрабак // Патент РФ № 2222000, от 20.01.2004. 7G01N 17/00. Бюл. № 2, Опубл. 20.01.2004.
10. Соцкая, И.М. Медный провод со стальным сердечником [Текст] / И.М. Соцкая, П.С. Орлов // Приоритет на патент РФ.
11. Френкель, Я.И. Введение в теорию металлов [Текст] / Я.И. Френкель. – Л.: Наука, 1972. – 424 с.
12. Устройство для измерения концентрации взвешенных веществ в жидкости [Текст] : пат. 2101698 Рос. Федерация : МПК 6 G01N29/02 / Головинов В.В., Бабенко А.А., Вендин С.В., Башков С.Н. ; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства. – № 95104823/28, заявл. 03.04.1995 ; опубл. 10.01.1998.
13. Магергут, В.З. Подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов для синтеза управляющих автоматов [Текст] / В.З. Магергут [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 2. – С. 100-102.
14. Богданчиков, И.Ю. Использование информационных технологий в механизации сельского хозяйства [Текст] / И.Ю. Богданчиков // материалы IV Междунар. научн. практ. конф. «Современные тенденции развития науки и технологий» 31 июля 2015 года: Сб. научн. тр. в 6 ч. / Под общ.ред. Е.П. Ткачевой. – Белгород : ИП Ткачева Е.П., 2015. – Часть I. – С. 69-71.

УДК 620.9

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА – СВЕТОДИОДОВ

Аспирант Е.В. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: светодиод, полупроводники, низковольтность, энергоэффективность, электроэнергия, сельское хозяйство.

В статье рассматриваются и выявляются преимущества и недостатки применения светодиодов, в том числе в сельском хозяйстве. Анализируются статистические данные по востребованности и конкурентоспособности светодиодов.

JUSTIFICATION FOR THE USING OF ENERGY EFFICIENT SOURCES OF LIGHT – LIGHT EMITTIING DIODES

Postgraduate student E.V. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Keywords: light-emitting diodes, semiconductors, low-voltage, energy efficiency, electricity, agriculture.

The article considered and identified the advantages and disadvantages of the use of light-emitting diodes, including in agriculture. Analyzed statistics on demand and competitiveness of light-emitting diodes.

Светодиоды являются эффективными источниками света, излучающими почти 100% поглощенной энергии в виде света. Они производятся в разноформатных стандартных корпусах различных размеров: от 3 мм (T1) до 25-миллиметровых ламп G30 и более крупных (рисунок 1). Линзы бывают прозрачные или окрашенные, рассеивающие или собирающие свет в зависимости от задачи. Прозрачные линзы дают больший световой выход, а светодиоды с собирающими линзами часто используются для подсветки.

Рисунок 1 – Стандартные корпуса светодиодов

Светодиоды имеют свои преимущества и недостатки.

Преимущества светодиодов:

– устойчивы к тряске, ударам и другим механическим воздействиям;

– в случае правильного использования могут работать на протяжении десятков тысяч часов;

– светодиоды – низковольтные устройства, их использование позволяет существенно экономить электроэнергию;

– благодаря низковольтности они более безопасны, например, при установке во влажной среде;

– некоторые приборы на светодиодах могут работать на почти «севших» батарейках;

– обладают сверхвысоким КПД. В лабораторных условиях они дают 100 люмен на ватт, и показатели продолжают расти;

– не нагреваются, не производят тепла в форме инфракрасного излучения и не разогревают пространство вокруг себя;

– предоставляют широкие цветовые возможности. Могут светиться белым, синим, голубым, зеленым, оранжевым, желтым, красным и темно-красными цветами. Набор красных, зеленых и голубых светодиодов позволяет окрасить свет в 16 миллионов различных цветов;

– долговечность светодиодов делает их незаменимыми для установки в труднодоступных местах.

Недостатки светодиодов:

– чем больший ток пропускается через светодиод в процессе его службы, тем выше его температура и тем быстрее наступает старение. Соответственно срок службы мощных светодиодов короче, чем у маломощных, примерно 20-50 тыс. часов. Старение приводит к уменьшению яркости;

– продуцируют тепло в полупроводниковом переходе внутри устройства. Если не происходит отвод тепла, полупроводниковый переход перегревается, изменяются характеристики светодиода и он может выйти из строя;

– характеристики светодиодов со временем меняются, цвета начинают отличаться от первоначальных оттенком и интенсивностью;

– светодиоды – самый дорогой источник света;

– для светодиодов не разработано единых стандартов. Это создает дополнительные сложности при подборе и обслуживании оборудования;

– для светодиодов требуются драйверы. Необходим постоянный ток и важно отсутствие даже минимальных колебаний напряжения и силы тока.

Российский рынок светодиодной продукции постоянно и быстро растет, что прослеживается из статистических показателей. Оценивая итоги 2014 года по рынку светодиодных ламп, можно отметить, что произошло серьезное увеличение импорта (за первую половину 2014 года было ввезено 43 миллиона светодиодных ламп). Данный показатель в 2,5 раза больше показателя 2013 года (17 миллионов штук). При этом если в 2013-м

топ-10 брендов (из 660 торговых марок, представленных на рынке) занимал 50% рынка, то в первой половине 2014 года – уже 77% рынка [2].

В области освещения в Российской Федерации существует «Стратегия 2020», содержащая целевые показатели по снижению энергозависимости российского ВВП. Согласно данной стратегии к 2020 году планируется:

– сделать 99% всего уличного освещения энергоэффективным;

– увеличить долю энергоэфективных промышленных светильников до 73%;

– нарастить долю светодиодных и компактных люминесцентных ламп с 15% до 83 %;

– увеличить количество энергоэффективных светоточек в государственных учреждениях с 91 млн штук до 171 млн;

– установить системы управления освещением не менее, чем в 25% госучреждений.

Введение нулевой пошлины на ввоз светодиодных ламп с 1 сентября 2015 года и снижение себестоимости светодиодных изделий на 20-30% – это те факторы, которые могут помочь увеличить масштабы светодиодного освещения в ускоренных темпах, оказать серьезное влияние на динамику развития российского рынка светодиодной продукции. Если в 2013 году он оценивался в 259,3 млн долларов, то в 2016 году он вырастет до 881 млн, а в 2020 году – до 1,3 млрд долларов. Доля светодиодов увеличится в 2013 г. с 37% от всего рынка светотехники до в 2016 – 59%, а в 2020 – до 83%. В ближайшие годы развитие рынка светодиодных изделий будет зависеть от двух факторов: состояния российской экономики и усилий государства по стимулированию увеличения светодиодного освещения для достижения целей, обозначенных в «Стратегии 2020» [2].

Важное значение решение проблем энергосбережения на основе использования светодиодов имеет для всех отраслей российской экономики, в том числе и применительно к сельскому хозяйству. За рубежом уже более 10 лет применяют на фермах и в теплицах светодиодную светотехнику. Светодиодные светильники для сельского хозяйства выгодны тем, что они служат 30-50 тыс. часов. Благодаря применению светодиодов происходит повышение производительности тепличного агрохозяйства, обеспечение идеальных условий освещения для растений. Свет «правильного» спектра способствует более быстрому росту, бутонизации и плодоношению растений. С помощью светодиодов создается функциональная ночная подсветка в помещениях, где содержатся животные. Дежурный оператор сможет свободно просматривать пространство в таком свете и выполнять свою работу, а коровы и свиньи в это время будут комфортно отдыхать [3].

Около 20% всей электроэнергии в мире расходуется на освещение: проблема энергосбережения – одна из важнейших проблем, связанная и с экономикой и с охраной окружающей среды. Если будут осуществлены все имеющиеся прогнозы, связанные с исследованиями и разработками свето-

диодов, то расходы на электроэнергию для освещения уменьшатся приблизительно в два раза [2].

Литература

1. Галюк, Е. Светодиоды: за и против [Текст] / Е. Галюк // Журнал световых решений ИЛЛЮМИНАТОР. – 2006. – № 1 (21). – 4 с.
2. Давиденко, Ю. Высокоэффективные современные светодиоды [Текст] / Ю. Давиденко // Журнал Современная электроника. – 2004. – Октябрь. – 40 с.
3. Статистика рынка светодиодов от ЛБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://svet-con.ru/news/detail.php?ID=99908.

УДК 62-69

ВИХРЕВЫЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.С. Степанов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

VORTEX HEAT GENERATORS IN HEATING SYSTEMS OF BUILDINGS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES IN AGRICULTURE

A.S. Stepanov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Энергосберегающая система теплоснабжения и горячего водоснабжения (ГВС) объекта – это система, которая производит и передает тепло и горячую воду с наиболее высоким коэффициентом полезного действия. Сделать систему отопления, вентиляции и ГВС энергосберегающей – это значит приблизить производство тепла к потребителю этого тепла, то есть децентрализовать систему.

В настоящее время в качестве оборудования для децентрализованных систем применяются традиционные нагревательные устройства для прямого нагрева теплоносителя (воды): котлы, водонагреватели на жидком, твердом топливе, а также электронагреватели [1, 3]. Такие устройства обладают недостатками, снижающими их конкурентоспособность по сравнению с централизованными системами теплоснабжения:

- более высокий удельный расход топлива,
- более высокая опасность при эксплуатации,
- для твердотопливных котлов необходимость приобретения, доставки и хранения топлива, утилизация отходов, постоянного круглосуточного обслуживающего персонала (кочегаров),

- высокая стоимость жидкого топлива, проблемы с его доставкой и хранением.

Указанные проблемы, конечно, меньше всего возникают при наличии газа. Поэтому реально выбор стоит между электроэнергией и газом.

При применении электроэнергии в качестве нагревателей используются электрические котлы и электроводонагреватели, которые имеют следующие недостатки:

- необходимость водоподготовки, так как при нагреве необработанной воды образуется накипь, которая может вывести из строя электроводонагреватель (электрокотел),
- необходимость согласования с Ростехнадзором применения электрокотлов,
- повышенный тариф электроэнергии при применении прямого нагрева теплоносителя.

Автор данной статьи в качестве альтернативы оборудования для отопления и горячего водоснабжения предлагает использовать **вихревые теплогенераторы (ВТГ).**

Вихревой тепловой генератор – это устройство, позволяющее получать тепловую энергию непосредственно из воды, воздействуя на нее механическим способом. В данном случае механическое воздействие – это приведение воды в вихревое движение в теле генератора-насоса («вихревой трубе» или «улитке»). В результате прохождения через «улитку» вода нагревается. Исследователи нагрев воды (повышение температуры) объясняют микрокавитационными процессами, а именно «схлопыванием» микрополостей (пузырьков), заполненных газом или паром, которые образуются в ходе вращения воды в циклоне («улитке»). Принципиальное отличие вихревого генератора от других теплогенераторов, преобразующих электрическую энергию в тепловую в том, что энергия подается только на электродвигатель насоса, прокачивающего воду.

Инженеры-предприниматели на этом принципе разработали теплогенераторы различной мощности (производительности), которые широко применяются в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения, переработке жидких продуктов, в том числе пищевых.

Конструктивно вихревой генератор для отопления состоит из асинхронного электродвигателя (привода) и активатора (насоса), расположенных на одной раме. В стандартный комплект ВТГ входит емкость для воды, циркуляционный насос, шкаф управления. Работа ВТГ автоматизирована. Напряжение питания – 380 В, 220 В (для мощности 2,2 кВт).

ВТГ полностью подготовлены для подключения к новой или существующей системе отопления, а конструкция и габариты тепловой установки упрощают ее размещение и монтаж в тепловом узле.

Высокая эффективность ВТГ позволяет при укрупненном подборе мощности применять норматив 1 кВт мощности электродвигателя на 15-20 м^2

площади (на объем 45-50 $м^3$), в то время как для других видов тепловых установок применяется норматив 1 кВт тепловой энергии на 10 $м^2$ площади. В обогреваемых помещениях может поддерживаться любой температурный режим. При соответствии мощности установки обогреваемому объему и СНиПовским теплопотерям в среднем за отопительный сезон тепловая установка работает 25-30% времени.

Преимущества систем с ВТГ:

- экономическая выгода по оплате (стоимость установки, оплата электроэнергии, нет затрат на обслуживание);
- отсутствие необходимости аттестации теплового узла (котлонадзор, энергонадзор, теплонадзор);
- универсальность по применению (отопление, ГВС, отопление + ГВС) в температурном диапазоне +80ºС;
- отсутствие затрат на прокладку тепловых и газовых сетей;
- отсутствие затрат на водоподготовку (нет накипи);
- отсутствие необходимости закупки, транспортировки, хранения топлива, денежных средств, связанных с этим;
- простота обслуживания;
- исключается вероятность взрыва и пожара, нет выделения продуктов горения;
- применение современных приборов контроля безопасности полностью исключает неуправляемый рост температуры и давления в системе отопления;
- надежность – срок службы не менее 15 лет, с сервисной заменой в течение работы генератора, специальной подготовки обслуживающего персонала не требуется.

ВТГ установлены и успешно эксплуатируются многими организациями и частными лицами России [2]. ВТГ также поставляются в другие страны. Однако примеров использования их в Ярославской области нет.

Мы предлагаем установить ВТГ в существующую систему отопления одного из лабораторных корпусов ЯГСХА, данную установку использовать также и для проведения исследований (лабораторных работ) по энергосберегающим технологиям (систем теплоснабжения).

Литература

1. Васюков, А.С. Отопление помещений с помощью электрических тенов и электронного таймера ТЭ-02 EKF ELECTROTECHNIKA [Текст] / А.С. Васюков, С.В. Вендин // Материалы международной студенческой научной конференции. – Белгород, 2015. – С. 207.
2. Ушачев, И.Г. Импортозамещение в АПК России: проблемы и перспективы [Текст] / И.Г. Ушачев и др. – Москва, 2015. – 447 с.

3. Шемякин, А.В. Практический опыт и результат работы устройства вихревого действия на двигателе внутреннего сгорания [Текст] / А.В. Шемякин, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – №3. – С. 71-77.

УДК 631.363

ДРОБИЛКА МАЛОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

К.т.н. В.Н. Трубников, к.т.н. Н.В. Коняев, А.И. Попов, Б.С. Блинков
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: переваримость корма, комбикорм, степень измельчения зерна, двухстадийная дробилка.

Предложена энергосберегающая дробилка зерна и приведена методика обоснования степени измельчения зерна по ступеням предлагаемой дробилки.

CRUSHER LOWER ENERGY CONSUMPTION

Candidate of Technical Sciences V.N. Trubnikov,
Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
A.I. Popov, B.S. Blinkov
(FSBEE HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Keywords: digestibility, feed, grinding grain, two-stage crusher.

Proposed energy saving crusher grain and the method of justification of the degree of grinding grain on the steps of the proposed crusher.

Для оценки продуктивной ценности кормов и эффективности их использования предложен показатель в виде коэффициента продуктивного действия корма (η), который определяется по формуле [1]:

$$\eta = 1 - Н/П, \quad (1)$$

где $Н$ и $П$ – соответственно неперевариимость и переваримость органического вещества корма в долях единицы.

Данный коэффициент выражает продуктивную часть суммарной величины обменной энергии суточного кормового рациона, т.е. выступает показателем качества корма. Например, расчетное количество молока (M, кг), которое может быть получено из кормовых единиц (Q, кг) корма с коэффициентом (η) возможно определить по формуле:

$$M = 2\,Q\,\eta\,. \qquad (2)$$

Из формулы (2) видно, что производство молока может быть достигнуто как за счет увеличения производства кормовых единиц, так и за счет повышения их качества. Из формулы (1) следует, что качество корма зависит от его переваримости, поэтому все виды обработки отдельных кормов направлены главным образом на ее повышение [2].

В рационах кормления животных самым питательным кормом является комбикорм – смесь измельченных семян сельскохозяйственных культур и белковых, минеральных и витаминных добавок [3]. Основной операцией его производства является измельчение семян, т.е. их разрушение под действием внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления частиц зерновки.

Предлагается измельчитель зерна, принцип работы которого основан на реализации двух вариантов измельчения: раскалывания и удара «влет» [4]. Это позволит получить высокопроизводительное техническое устройство для измельчения семян сельскохозяйственных культур, способное производить комбикорм более однородного гранулометрического состава, при одновременном снижении удельных энергозатрат. Технологическая схема предлагаемой машины представлена на рисунке 1.

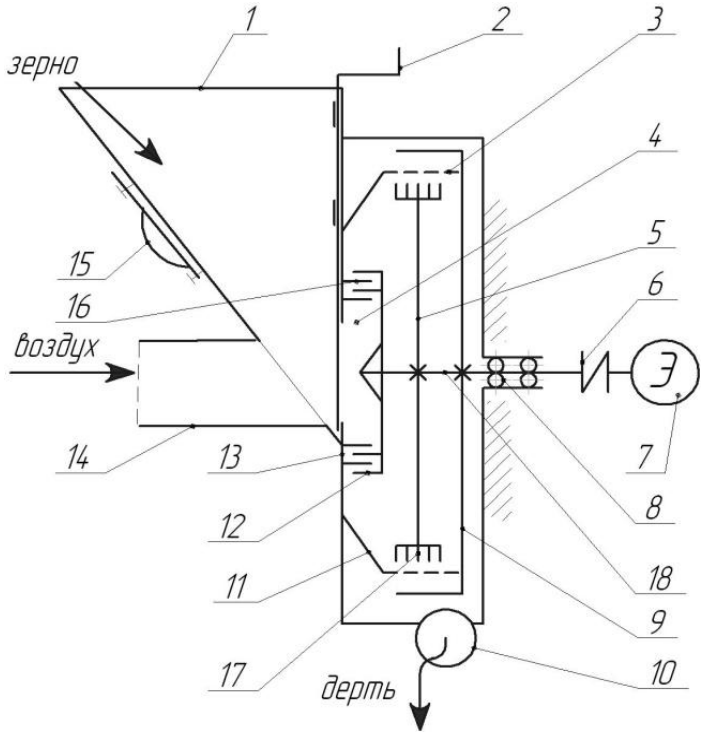


Рисунок 1 – Технологическая схема энергосберегающей дробилки зерна

Измельчитель представляет собой двухстадийную дробилку, состоящую из бункера 1 с заслонкой 2 и магнитного очистителя 15, рабочей

камеры 4, решета 3, штифтового измельчающего аппарата с неподвижным диском 13 и вращающимся диском 12 со штифтами квадратного сечения 16, вала 18 с ротором 5 и молоточками 17, дефлектора 11, воздухозаборника 14, выходного патрубка 10 и вентилятора 9, подшипникового узла 8, упругой муфты 6 и электродвигателя 7.

Видно, что рабочими органами первой ступени являются квадратные штифты, второй − ротор с молотками. На первом этапе реализуется малоэнергоемкий способ измельчения семян посредством защемления их на острых гранях между рядами подвижных и неподвижных штифтов. Снижение энергоемкости измельчения на втором этапе достигается за счет снижения крупности изначально поступающих в дробильную камеру частиц, прошедших первую стадию. Степень измельчения зернового компонента регулируется посредством изменения проходного сечения отверстий решета. Надежная эвакуация дерти из рабочей камеры происходит с помощью воздушного потока, поступающего через воздухозаборник 14 и направляемого вентилятором в выходной патрубок.

Исходя из предлагаемой схемы, остается открытым вопрос о целесообразности степени предварительного измельчения зернового материала на первой стадии. Для ответа на него воспользуемся уравнением энергозатрат на измельчение кормов [5, 6]:

$$A = C_P \cdot \left(C_V \cdot \lg \lambda^3 + C_S \cdot (\lambda - 1) \right), \tag{3}$$

где A – затраты работы на процесс измельчения, кДж/кг;

C_P – коэффициент влияния неучтенных факторов на процесс измельчения;

C_V – коэффициент, выражающий работу упругих деформаций зерна, отнесенный к единице его массы, кДж/кг;

C_S – коэффициент, выражающий работу, затрачиваемую на образование новых поверхностей при измельчении единицы массы зерна, кДж/кг;

λ – степень измельчения зерна.

Параметр λ выражается отношением средних размеров частиц зернового материала до (D_i) и после (d_i) измельчения:

$$\lambda = D_i / d_i \,. \tag{4}$$

Для нашего случая двухстадийного измельчения справедливо выражение:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \,, \tag{5}$$

где λ_1 и λ_2 – степени измельчения зернового материала, достигаемые соответственно на первой и второй ступенях дробилки.

Общие затраты энергии на процесс измельчения зерна двухстадийной дробилкой будут выражаться суммой энергозатрат по каждой ступени:

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_2, \qquad (6)$$

Используя формулы (3-6), произведем сравнительный анализ энергоемкости процесса измельчения одного и того же зернового материала на обычной одностадийной и на предлагаемой дробилке. Для этого ориентировочно примем: C_P *=1,25;* C_V *= 8,5 кДж/кг;* C_S *= 7,5 кДж/кг; D = 5 мм* (начальный диаметр зерен)*; d = 2 мм* (конечный диаметр частиц дерти). Тогда имеем согласно выражению (4):

$$\lambda = 5/2 = 2,5.$$

Введем понятие коэффициента эффективности работы (k), под которым будем понимать отношение:

$$k = A_o / A_{\Sigma}, \qquad (7)$$

где A_o – энергозатраты на измельчение зерна по одностадийной технологии, кДж/кг.

Работа, затрачиваемая на измельчение зернового материала одностадийной дробилкой, составит:

$$A_o = 1,25 \cdot \left(8,5 \cdot \lg 2,5^3 + 7,5 \cdot (2,5-1)\right) = 26,75 \text{ кДж/кг}.$$

Пусть для двухстадийной дробилки $\lambda_1 = 1,25$, тогда из выражения (5) найдем:

$$\lambda_2 = 2,5/1,25 = 2.$$

Работа на измельчение материала по каждой ступени составит:

$$A_1 = 1,25 \cdot \left(8,5 \cdot \lg 1,25^3 + 7,5 \cdot (1,25-1)\right) = 5,43 \text{ кДж/кг};$$

$$A_2 = 1,25 \cdot \left(8,5 \cdot \lg 2^3 + 7,5 \cdot (2-1)\right) = 18,97 \text{ кДж/кг}.$$

Суммарно на измельчение материала согласно выражению (6) затрачивается работа:

$$A_{\Sigma} = 5,43 + 18,97 = 24,4 \text{ кДж/кг}.$$

При этом коэффициент эффективности работы согласно формуле (7) составит:

$$k = 26,75/24,4 = 1,1,$$

что свидетельствует об энергоемкости одностадийного измельчения перед двухстадийным измельчением зернового материала. Однако из представ-

ленного расчета не следует, что значения параметров $\lambda_1 = 1{,}25$ и $\lambda_2 = 2$ есть их оптимальное сочетание.

Поставим условие, что при $\lambda = D/d = const$ параметры λ_1 и λ_2 будут являться функциями диаметра частиц дерти (d_2) промежуточной ступени, т.е.:

$$\lambda_1 = f(d_2),\ \lambda_2 = f(d_2). \qquad (8)$$

Задаваясь размером $2 < d_2 < 5$ мм, получим зависимость $k = f(d_2)$, которая представлена графиком на рисунке 2.

Данная зависимость дает возможность определить наиболее целесообразный диаметр частиц дерти после прохода через первую ступень дробилки, т.е. степень измельчения для первой ступени. Для выбранных параметров расчета наиболее приемлемым размером частиц дерти согласно рисунку 2 следует признать $d_2 = 3{,}2$ мм, при котором k = 1,13.

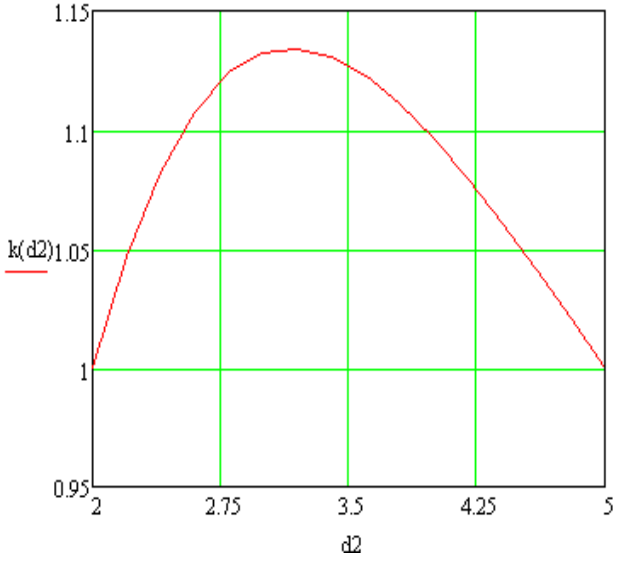


Рисунок 2 – Изменение коэффициента эффективности работы (k) в зависимости от получаемого диаметра частиц (d_2) дерти после первой ступени

Применение двухстадийного измельчителя зерна, в котором одновременно реализуются разные способы измельчения семян, по сравнению с одностадийной дробилкой позволяет снизить энергоемкость процесса получения комбикорма на 10-13% без ухудшения качества получаемой дерти.

Основываясь на предположении, что суммарная величина энергозатрат на измельчение зерна есть функция от диаметра частиц дерти промежуточной ступени, возможно получить зависимость, по которой устанавливают необходимые степени измельчения по ступеням двухстадийной дробилки. Для рассматриваемого примера имеем: $\lambda_1 = 1{,}56$ и $\lambda_2 = 1{,}6$.

Литература
1. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов [Текст] / С.В. Мельников. – Л.: Агропропромиздат. – 1985. – 630 с.
2. Сараев, И.Ф. Тарельчатый многокомпонентный дозатор [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т.1. – № 1. – С. 119-122.
3. Сараев, И.Ф. К вопросу о разработке многокомпонентного дозатора [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Т.3. – № 3. – С. 77-79.
4. Дробилка зерна [Текст] : пат. 139019 Рос. Федерация : МПК B02C13/22 (2006.01) B02C13/04 (2006.01) / Коняев Н.В., Сараев И.Ф., Трубников В.Н. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова. – № 2013151430/13 ; заявл. 19.11.13 ; опубл. 27.03.14, Бюл. №9 : ил.
5. Трубников В.Н. К вопросу разработки двухстадийной дробилки зерна [Текст] / В.Н. Трубников, Н.В. Коняев, Б.С. Блинков // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 2016. – С. 52-56.
6. Трубников, В.Н. Разработка двухстадийной дробилки зерна [Текст] / В.Н. Трубников, Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, М.В. Журавлев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1. – С. 24-27.

УДК 62-9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

К.т.н. А.С. Угловский
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: мнемосхема, фильтрационная сушильная установка, SCADA-система, технологический процесс, контроллер.

В статье рассмотрены фильтрационные сушилки отечественного и зарубежного производства, предназначенные для восстановления подстилки из навоза и ускоренного приготовления компоста, а также предложено описание собственной спроектированной установки.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN FILTRATION DRYERS

Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovskiy
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Keywords: Mimic diagram, filtration dryer, SCADA, technologic process, plc.

The article describes the filtering dryer domestic and foreign production intended for the recovery of the litter manure and accelerated composting, as well as offered the description of own-designed installation.

Произведем анализ современных сушильных установки по переработке жидких навозных стоков, а также предложим свою разработку.

Жидкие навозные стоки наиболее экологически опасны, так как загрязняют почву, грунтовые воды и воздух. Содержание большого количества воды при высокой концентрации сухих веществ усложняет оперативную работу и использование навоза на полях.

Поскольку жидкий навоз представляет собой смесь твердых и жидких частиц, решение проблемы заключается в том, чтобы отделить твердые частицы прежде, чем их загрязняющие окружающую среду элементы растворятся в жидкости. Для этого применяются специальные сепараторы. В сепараторе происходит разделение навоза на твердую и жидкую фракции.

Производимый на выходе продукт из твердой фракции представляет собой готовый высококачественный компост с низким содержанием влаги, без запаха и без патогенной микрофлоры. Более того, после сепаратора готовый компост можно перерабатывать в готовую подстилку для животных и направлять ее в стойла. На каждое стойло требуется 4-5 кг такой подстилки в день. Расходы на приобретение, доставку и утилизацию традиционных подстилочных материалов – соломы, опилок, песка или матов – могут достигать 5000 руб. на одну корову в год, а если использовать сепаратор, то стоимость производства подстилки из навоза оценивается только затратами электроэнергии: около 40 кВт·ч на 1 $м^3$. Кроме того, отработанную подстилку можно использовать или продавать в качестве удобрения.

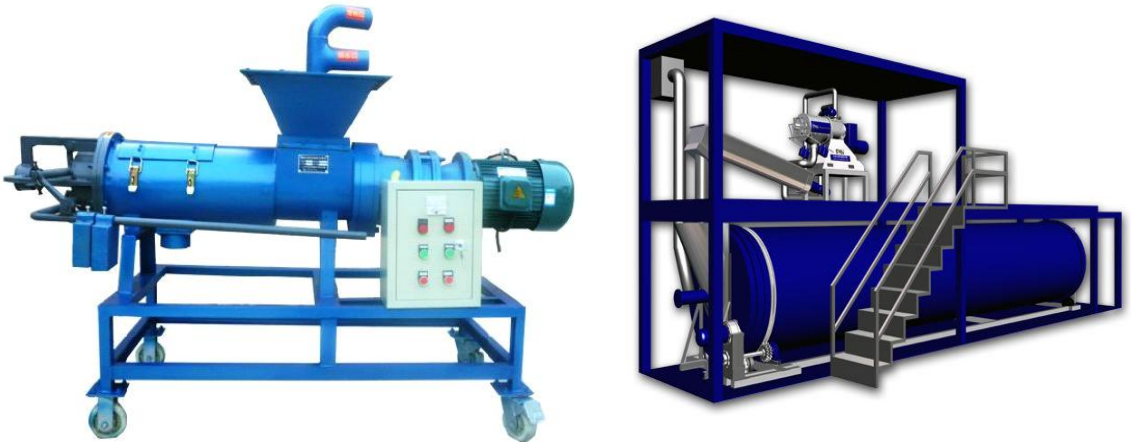
Основным недостатком применения соломы является высокая вероятность возникновения мастита вымени. При использовании же подстилки из переработанной твердой фракции навоза риск появления этого заболевания минимизируется, так как вся микрофлора, содержащаяся в подстилке, является родной для коровы.

В хозяйстве (агрохолдинг «Рождество» Владимирская область) работают установки по переработке навоза компании BAUER/FAN (Австрия). Работают круглосуточно, каждая потребляет ежедневно не более 17 кВт·ч. Подстилку животным меняют каждые 3-4 дня, производительность одной

такой фильтрационно-сушильной установки рассчитана на 1000 голов дойного стада. Стоимость установки составляет 12 млн рублей [3].

В ФГБОУ ВО Ярославской ГСХА к.т.н. Л.В. Дианowым и А.Р. Гавриловым разработан аэрационный биореактор (патент РФ № 2527300), позволяющий из измельченного подстилочного навоза получить биогумус или компост [4, 5]. Ценным свойством у такого биогумуса является отсутствие в нем семян сорных растений. Высокое качество биогумуса способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Работа агрегата в автоматическом режиме не предусмотрена. Применение автоматизации для данной установки позволит повысить ее конкурентоспособность и востребованность в сельском хозяйстве.

Предложена автоматизированная фильтрационная сушильная установка с более экономичным ценовым вариантом, состоящая из основных компонентов системы: прессового шнекового сепаратора фирмы Xinxiang Chenwei Machinery (Китай) (рисунок 1а), сушильного барабана и шнекового транспортера из сепаратора в барабан. Спроектированная фильтрационная сушильная установка показана на рисунке 1б.



а) б)

а) шнековый сепаратор фирмы Xinxiang Chenwei Machinery (Китай);
б) спроектированная фильтрационная сушильная установка.

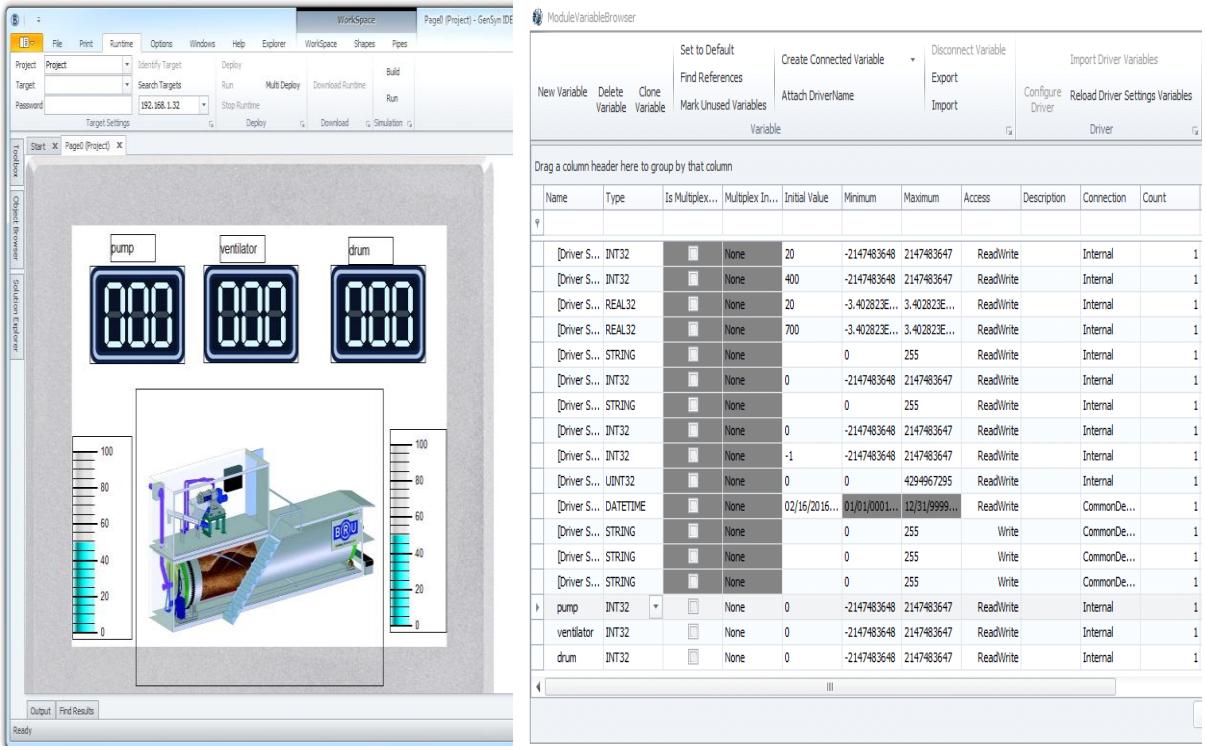
Рисунок 1 – Система фильтрационной сушильной установки

Фильтрационная сушильная установка производит подстилочный материал из навоза, который скапливается на ферме.

Фильтрационно-сушильная установка работает следующим образом. Навоз перекачивается из приемной емкости и подается насосом в шнековый сепаратор, где происходит разделение на твердую и жидкую (осветленную) фракции. Затем твердая фракция попадает в барабан, где в течение суток крутится и подсушивается до влажности 60%, а жидкая фракция по дренажной трубе сливается в лагуну. Биологический процесс контролируется изменением температуры и регуляцией потока воздуха. Предло-

женная автоматизированная система контролирует и корректирует слаженную работу сепаратора, миксера и погружного насоса. Далее сухую фракцию, используют в качестве подстилки для КРС. Нагрев в сепараторе должен составлять порядка 65°С, при этом уничтожаются все микробы, бактерии и неприятный запах, что делает такую подстилку безопасной для вымени коров.

Для контроля за процессом производства подстилочного материала из навоза на рисунке 2 представлена мнемосхема фильтрационной сушильной установки, на которой в режиме анимации отображаются изменения состояния органов управления, выполнение отдельных операций, текущие значения параметров технологического процесса. Каждый узел включает цифровой индикатор, показывающий значение скорости привода и показания температуры в камерах. Мнемосхема (рисунок 2а) содержит кнопки пуска/останова насоса, барабана и вентилятора, открытия/закрытия задвижек дозатора и индикаторы наличия аварий и технологических ошибок.



а) б)

а) основная мнемосхема;
б) основные теги, применяемые на мнемосхеме для отображения показаний с датчиков.

Рисунок 2 – Мнемосхема фильтрационной сушильной установки

В реальном времени отображаются состояния бункера-дозатора и сепаратора. На мнемосхеме (рисунок 2а) отображаются индикаторы рабочей частоты: pump (привод насоса), ventilator (привод вентилятора), drum

(привод барабана). На рисунке 2б показаны теги по сбору информации с приводов и датчиков.

При ошибках оборудования выполнение технологического процесса приостанавливается, на мнемосхеме значком отображается механизм, вызвавший ошибку, открывается окно ошибок, и система предлагает оператору выбрать один из вариантов действий: повторить операцию, игнорировать сообщение и так далее.

Рассмотрим работу фильтрационной сушильной установки с учетом показания температуры в камере. Перечень сигналов с датчика температуры загружен на OPC UA сервер. Запустим программную среду GenSyn. Создадим динамический элемент Process Point (скорость вентилятора), выбираем источник данных в свойствах элемента DataSource. Вводим адрес сервера, на котором расположен файл с перечнем сигналов датчика opc.tcp://192.168.2.120: имя порта, и подключаемся к OPC-серверу.

Система АСУ ТП фильтрационной сушильной установки функционирует в трех режимах.

1. Автоматический режим. В этом режиме оператор задает требуемый рецепт из базы рецептов и количество циклов дозирования.

2. Ручной режим с автодозированием.

Управление в этом режиме осуществляется с использованием виртуального пульта. Оператор обеспечивает запуск дозирования, открытие и закрытие задвижек дозатора, запуск и останов сепаратора.

Остановка электропривода дозатора происходит автоматически при достижении массой дозируемого компонента заданного значения.

3. Ручной режим без автодозирования.

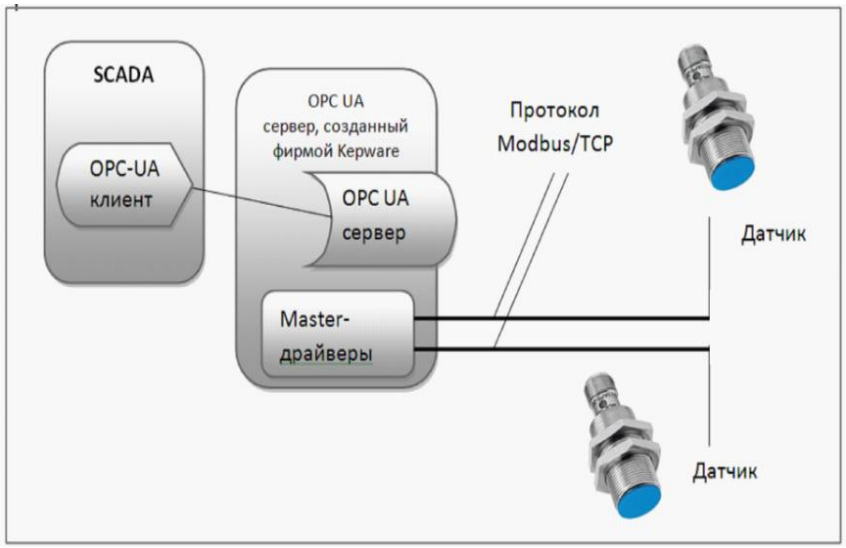
Управление процессом дозирования и сепарирования осуществляется так же, как и в ручном режиме с автодозированием, но в отличие от него остановка электроприводов осуществляется оператором. Данный режим используется для отладки и поиска неисправностей.

Кроме того, АСУ ТП фильтрационной сушильной установки выполняет следующие функции:

- обеспечение параллельной работы подсистем дозирования, сепарирования и отгрузки;
- анализ текущего состояния исполнительных устройств нижнего уровня управления (преобразователя частоты, силовых контакторов);
- проверка перегрузки бункера дозатора;
- звуковая и визуальная сигнализация с блокировкой работы исполнительных механизмов при возникновении аварийной ситуации.

Для автоматизации фильтрационной сушилки предлагается установить электротехнический шкаф с установленными в нем: контроллером, частотными преобразователями, панели управления фирмы Delta Electronics (Китай) (рисунок 3а).

а)



б)

а) оборудование щита управления фильтрационной сушильной установки;
б) взаимосвязь SCADA с OPC-сервером и датчиками.

Рисунок 3 – Автоматизированная система фильтрационной сушильной установки

Двигатели задвижек бункера-дозатора и сепаратора, двигатели вентилятора и барабана включаются в сеть непосредственно через силовые контакторы. Для насоса, вентилятора и барабана требуется плавное регулирование скорости, поэтому их двигатели управляются посредством преобразователя частоты. Температурный датчик подключается к входу контроллера и устанавливается в сушильной камере.

Для повышения информативности интерфейса пользователей при отображении оперативных и исторических данных в проекте применены

компоненты GenSyn Trend. В частности, GenSyn Trend Viewer позволяет отображать информацию в виде графиков, диаграмм различных связанных параметров системы. Этот модуль допускает возможность конфигурирования любого числа перьев (трендов) с различными шкалами времени и значений для одновременного вывода на экран оперативных и исторических данных из встроенного архива MS SQL Server. Если требуется, можно разрешить изменять конфигурацию диаграммы в режиме выполнения. Кроме того, подсистема создания отчетов благодаря встроенной архитектуре OPC in Core и поддержке стандартных интерфейсов обеспечивает в системе возможность построения отчетов различными способами.

Приложения GenSyn являются OPC-сервером для любого стандартного OPC-клиента. В то же время эти компоненты могут выступать в роли OPC-клиентов для любого стандартного OPC-сервера. Поддержка OPC в среде GenSyn WorkBench позволяет создавать мнемосхемы (типа приведенной на рисунке 2), для которых источниками данных напрямую выступают OPC-серверы. Таким образом, рабочая станция является OPC-клиентом и взаимодействует со всеми компонентами АСУ ТП и с другими системами по OPC-интерфейсу (рисунок 3б).

Разработанное программное средство SCADA-система было внедрено в учебный процесс ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА и может быть использовано для управления автоматизированными установками в сельскохозяйственных организациях. Внедрение данной системы позволит реализовать на уровне оперативно-диспетчерского управления запуск/останов электроприводов, выполнение необходимых технологических измерений, сигнализации и регистрации, а также ведение архивов событий и измерений.

С точки зрения финансовых подсчетов, при серийном производстве стоимость предложенной установки будет составлять 500000 рублей, если учесть дополнительные доходы, обеспеченные ее эксплуатацией (здоровье всего стада, снижение заболеваемости основного поголовья, рост надоев, снижение затрат на доставку подстилки и т.д.), то фактор экономической эффективности выходит на первый план.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015618702. – 14.08.2015 г.
2. Федоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка [Текст] / Ю.Н.Федоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.
3. FAN BRU (Bedding Recovery Unit) Фильтрационно-сушильная установка для производства (восстановления из навоза) подстилки для КРС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eko-servis.com.ua/product/44 – (дата обращения: 10.03.2016).
4. Дианов, Л.В. Аэрационный биореактор [Текст] / Л.В. Дианов, А.Р. Гаврилов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2013. – № 3. – С. 73-75.

5. Аэрационный биореактор [Текст] : пат. 2527300 Рос.Федерация : МПК C05F3/06. / Гаврилов А.Р., Дианов Л.В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2012155851/13 ; заявл. 21.12.2012 ; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24. – 9 с. : ил.

УДК 621.865

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СБОРОМ И СУШКОЙ МЕТАНА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЕ

Обучающийся В.В. Хан
(*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия*)

Ключевые слова: метан, микропроцессорная система, сбор, сушка.

AUTOMATION OF THE COLLECTION AND DRYING OF METHANE IN ANIMAL FARM

Student V.V. Khan
(FSBEI HE Volgograd SAU, Volgograd, Russia)

Keywords: methane, microprocessor system, collection, drying.

Природные ископаемые считаются невозобновляемыми ресурсами, в это же время метан, добытый в сельскохозяйственной сфере, является возобновляемым источником энергии. Однако сбор метана непосредственно в животноводческих помещениях не осуществляется, хотя на метан, вырабатываемый животными, приходится 15% от общей доли этого газа на планете. Поэтому проблема разработки детекторов метана является актуальной и ее решение позволит создать систему сбора метана для производства электроэнергии, которой можно обеспечить животноводческие фермы, в помещении которых он образуется.

Цель работы: разработка микропроцессорной системы для обнаружения метана и управления сбором и сушкой метана, образуемого в помещении животноводческой фермы.

Методика

Источником обнаружения метана являются датчики метана, но широкого выбора на рынке данная продукция не имеет, только три фирмы занимаются изготовлением подобных устройств: Figaro (Japan), Sencera

(USA), HanweyElectronics (China) [1, 2, 3]. В зависимости от соотношения цена – качество и доступности для покупки рекомендуется применять датчик TGS2611-C00 стоимостью от 500 рублей производства компании Figaro. Он имеет следующие конструктивные особенности: чувствительный элемент изготовлен на основе оксида олова с использованием поверхностных эффектов мелкозернистой структуры; датчики данной серии созданы по новой технологии с более низким напряжением питания и уменьшенной потребляемой мощностью нагревательного элемента и имеют простую схему подключения; диапазон измерения концентрации метана составляет 500-10000 ppm (промилле), т.е. до 10000 см³/1 м³.

При создании системы автоматизации процессом сбора и сушки метана достигаются следующие цели:

- экономия электроэнергии, сырья, материалов и других ресурсов;
- обеспечение безопасности функционирования объекта;
- обеспечение заданных значений параметров собираемого метана;
- снижение затрат ручного труда.

Для построения систем автоматизированного управления технологическими процессами широко применяются современные программируемые логические контроллеры (ПЛК) отечественных и зарубежных производителей, успешно зарекомендовавшие себя на мировом рынке автоматизации: ОВЕН, Фабер, ИЭК, Rockwell, Unitronics и другие.

Аппаратные средства, программное обеспечение и конструктивное исполнение ПЛК должны удовлетворять следующим требованиям:

• универсальная структура изделия, которая позволяет свести каждую новую разработку к выбору среди существующих аппаратных средств и разработке новой управляющей программы;

• высокая надежность;

• удобство обслуживания и эксплуатации;

• простое программирование и перепрограммирование устройства (возможно не специалистом в области компьютерной техники);

• стандартизация входов и выходов для непосредственного подключения датчиков и исполнительных устройств;

• меньшие габариты и энергопотребление, чем у аналогичных блоков релейной автоматики и жесткой логики;

• конкурентоспособность по стоимости со схемами на основе релейной техники, жесткой полупроводниковой логики, возможность обмена информацией с системой управления верхнего уровня.

С учетом изложенного выше в основу системы управления сбором и сушкой метана применен промышленный контроллер JZ-10-11-R16 фирмы Unitronics. Основными критериями выбора указанного оборудования явились цена и функциональные возможности. Контроллер имеет внешний подключаемый дополнительно порт, поэтому в наибольшей степени под-

ходит для использования его в системах управления локальными объектами. Структура автоматизированной системы управления (АСУ) на основе ПЛК, подключенного к объекту управления, показана на рисунке 1.

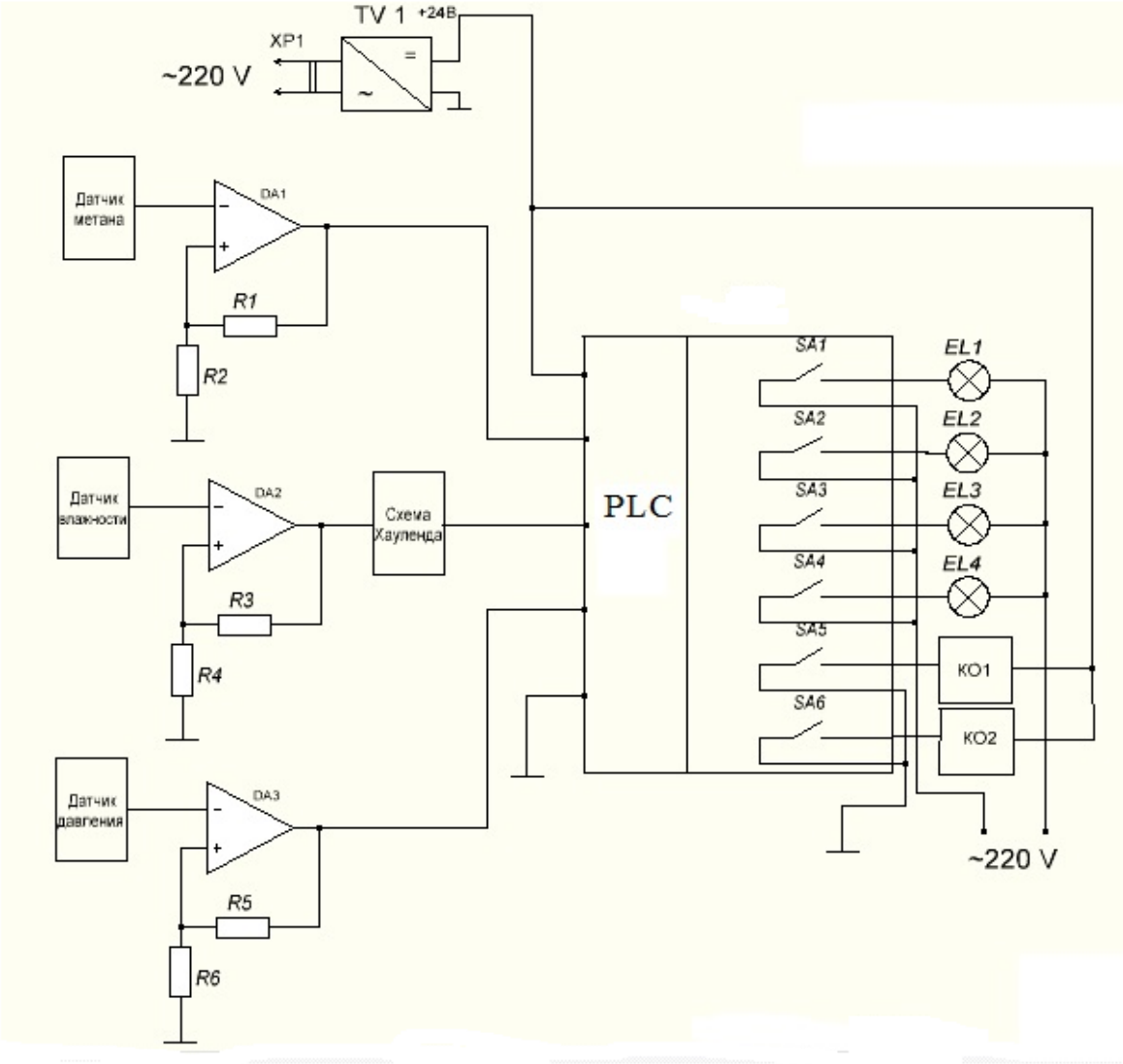


Рисунок 1 – Структурная схема АСУ на основе ПЛК

Для разработки программ контроллеров типа Jazz используется язык релейных или релейно-контактных схем (РКС) – графический язык, реализующий структуры электрических цепей. Лучше всего язык РКС подходит для построения логических переключателей, но достаточно легко можно создавать и сложные цепи с использованием встроенных функциональных блоков.

Диаграмма РКС состоит из ряда цепей. Слева и справа схема ограничена вертикальными линиями – шинами питания. Между ними расположены цепи, образованные контактами и обмотками реле, по аналогии с обычными электронными цепями. Слева любая цепь начинается набором контактов, которые посылают слева направо состояние «ON» или «OFF», со-

ответствующие логическим значениям ИСТИНА или ЛОЖЬ. Каждому контакту соответствует логическая переменная. Если переменная имеет значение ИСТИНА, то состояние передается через контакт. Иначе правое соединение получает значение выключено («OFF»).

Результаты

Установленный в контроллере JZ-10-11-R16 аналогово-цифровой преобразователь преобразует входной сигнал от датчика влажности в цифровой код в диапазоне от 205 до 1023, что соответствует аналоговому входу 4-20 мА. Для хранения числовых значений x1 и x2 используются системные регистры SI 80 и SI 8I, а для хранения значений y1 и y2 – SI 82 и SI 83. Поступившее по аналоговому входу AI 0 измеренное значение влажности заносится в виде цифрового кода в регистр MI 1, затем активизируется функция линеаризации SB 80 и вычисляется измеренная влажность в %, результаты линеаризации заносятся в регистр MI 1 и выдаются на экран дисплея. Программа управления сушильными агрегатами приведена на рисунке 2.

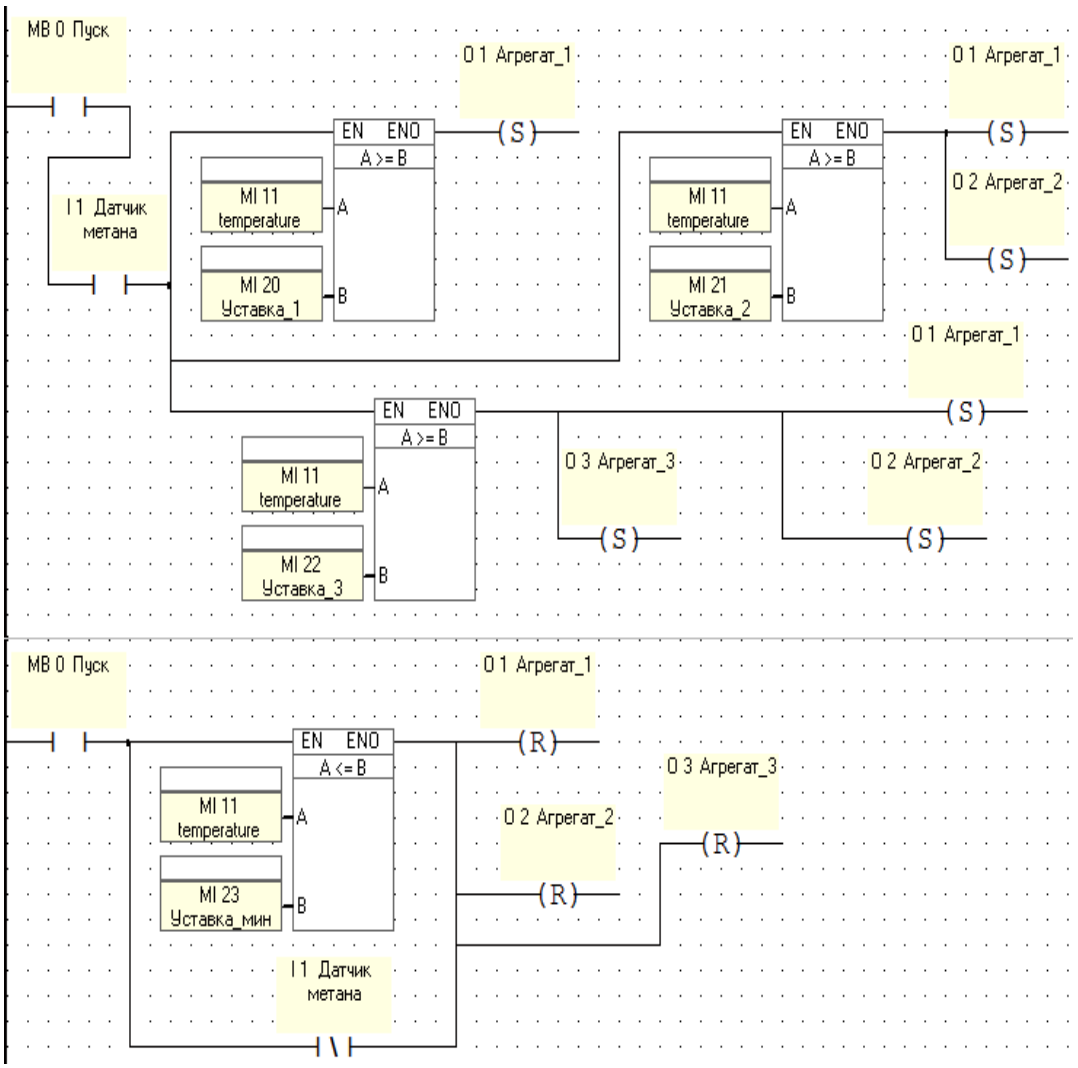


Рисунок 2 – Программа управления сушильными агрегатами

В программе управления процессом сушки предусмотрены три порога влажности метана, при превышении измеренной влажности метана первого порога включается один сушильный агрегат, при превышении второго порога включаются два агрегата, а при превышении третьего – три агрегата. При этом датчик метана фиксирует наличие метана в собираемой полости. Если метан будет отсутствовать или его влажность снизилась до минимального значения, заданного установкой, занесенной в регистр системным регистрам MI 23, то сушильные агрегаты выключаются и сушка прекращается.

Выводы

Разработанные аппаратно-программные средства позволяют автоматизировать процесс сбора и сушки метана, образуемого непосредственно в помещении животноводческой фермы для использования его в качестве топлива при выработке электроэнергии. При этом коровы не получают особых неудобств и не подвергаются операциям. Метан легче воздуха и к потолку фермы поднимается естественным способом. Выбранные датчики метана и влажности фиксируют наличие метана и его качество. Предварительная сушка метана обеспечивается теплом взрывобезопасных светодиодных светильников типа «Шмель», которые одновременно используются для освещения помещения фермы. Светильники собраны в агрегаты, количество включенных агрегатов меняется в зависимости от зафиксированной влажности метана, что также уменьшает затраты электроэнергии.

Литература

1. Дмитриенко, А. В. Преобразователи компании Sencera для определения относительной влажности [Электронный ресурс] / А.В. Дмитриенко, И.В. Кривченко // Электронные компоненты. – 2004. – № 8. – Режим доступа: http://www.efo.ru/doc/Nais/Nais.pl?0036071030.
2. Семенов, В. Интеллектуальный детектор газа [Текст] / В. Семенов // Современная электроника. – 2007. – № 9. – С. 16-20.
3. Егоров, А.А. Исследование компьютеризированного интегрально-оптического датчика концентрации газообразных веществ [Текст] / А.А. Егоров, М.А. Егоров, Т.К. Чехлова, А.Г. Тимакин // Квантовая электроника. – 2008. – Т. 38. – С. 787-790.

УДК 636

ИНКУБАТОР С ИОНИЗАТОРОМ

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель, аспирант В.В. Егорычев
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: инкубатор, инкубационные лотки, аэроионизация, перепела, режимы инкубации, увеличение вылупляемости, комплексная установка.

В статье изложен принципиально новый подход к устройству инкубатора с возможностью аэроионизации, содержатся результаты проведенного эксперимента по инкубации перепелиных яиц.

INCUBATOR WITH IONIZER

Candidate of Technical Sciences, docent V.V. Shmigel,
Postgraduate student V.V. Egorychev
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Keywords: incubator, incubation trays, aeroionization, quail, modes of incubation, the increase of FilePlanet, complex installation.

The article outlines a fundamentally new approach to device incubator with the possibility of aeroionization, contains the results of the experiment by incubation of quail eggs.

В рамках объявленного руководством страны курса на импортозамещение первые акты уже приняты. Одной из главных задач госпрограммы, рассчитанной до 2020 года, заявлено снижение доли импорта продукции, в том числе используемой отечественными производителями, в нашу страну. В конце 2014 года была утверждена программа импортозамещения в сельском хозяйстве (распоряжение Правительства РФ от 2 октября 2014 г. № 1948-р) [1].

Государство рассчитывает в решении данного вопроса привлечь крупные холдинги, небольшие крестьянские, фермерские и личные подсобные хозяйства. Сложившиеся условия благоприятны для воплощения самых смелых проектов. Развитие АПК в России переживает «второе» рождение, не исключением является и такая отрасль, как птицеводство.

Для каждого производителя важным условием является постоянное увеличение выхода валовой продукции. В птицеводстве для достижения поставленной цели одним из таких звеньев цепочки является инкубация. Производителей интересует не только повышение вывода, а так же стабильность и предсказуемость результатов инкубации.

Используемые инкубаторы на птицефабриках нашей страны являются наследием советских времен. Наиболее известные инкубаторы: «Универсал-50», «Универсал-55», ИКП-90 «Кавказ». В промышленных масштабах применяются интенсивные методы выращивания птицы, где на единицу площади приходится повышенное содержание птицы и яиц в инкубаторах. Данная необходимость обусловлена рационализацией производства и получением прибыли. В инкубаторе создается оптимальная среда с контролируемой температурой и влажностью, однако качеству воздуха внимание уделяется мало, контролируется лишь содержание CO_2 путем вентиляции инкубационного шкафа. Чистота воздуха в инкубаторе и не только в нем влияет на качество выводимого молодняка. Всякое закрытое помещение, которым являются инкубаторий и сам инкубатор, даже при наличии полноценной вентиляции, могут быть рассмотрены как камеры с профильтрованным воздухом, лишенные оптимальной концентрации отрицательных аэроионов и насыщенные отбросами организма – тяжелыми аэроионами преимущественно положительной полярности, которые необходимо расценивать как физиологически вредные для организма [2].

Имеющиеся на рынке зарубежные и отечественные инкубаторы хорошо справляются с поставленной им задачей, но производители инкубаторов придерживаются стандартных процессов, необходимых для инкубации, это температура, влажность и содержание CO_2 в инкубационной камере.

Однако существуют такие физические процессы, которые оказывают благоприятное влияние на эмбриональное развитие и не только, это искусственная аэроионизация.

Нами был создан инкубационный шкаф с возможностью аэроионизации, которая является таким же неотъемлемым фактором, как температура, влажность и содержание CO_2. Авторами статьи накоплен огромный опыт по созданию инкубатора и появились результаты инкубации, которые мы хотим обсудить на научной конференции. Наша цель – это создание инкубатора, который отличается от существующих аналогов. Строительство инкубатора и инкубация перепелиных яиц были опробованы на базе вивария Ярославской ГСХА.

Яйцо птицы имеет сложное строение и представляет собой зародыш на определенной стадии развития с запасом всех необходимых биологических субстратов для последующего развития целостного организма [3]. Чтобы достигнуть конечного результата, необходимо максимально повторить процессы, которые заложила сама природа в инстинкты птицы.

После проведения анализа инкубаторов и выбора самых оптимальных решений нами был разработан инкубатор, который имеет следующие параметры:

1. Габаритные размеры: (В х Ш х Г) 1000 х 800 х 625 мм. Вес – 35 кг. Корпус инкубатора собран из панелей, состоящих из OSB плиты (наружная обшивка), и оцинкованного железа (внутренняя сторона), с пенопластовым наполнителем. Дверь инкубатора выполнена в одностворчатом исполнении из того же материала, со смотровым двухкамерным стеклом. Выбор материала корпуса инкубатора из OSB плиты связан с тем, что пластиковое наружное покрытие или сэндвич-панели – статичны и все легкие частицы, находящиеся в инкубатории (пух, перо, пыль) липнут к корпусу, что антисанитарно и имеет непривлекательный вид.

2. Влажность. Контроль за уровнем влажности обеспечивает цифровой гигрометр – термометр, который подает сигнал на автоматику инкубатора, и система включает вентилятор для удаления лишней влаги и ультразвуковой увлажнитель для быстрого «набора» заданных параметров, данная система включается редко и является аварийной. Основная «рабочая» влажность в инкубаторе в диапазоне от 50 до 80% поддерживается при помощи металлического лотка, наполненного водой, высота которого не более 2 см. Такая высота лотка позволяет быстрее нагреваться воде и начинать испаряться. Лоток совмещен трубкой с сосудом, находящимся снаружи инкубатора для бесперебойной подачи воды. Влажность в нашем инкубаторе напрямую зависит от режима температуры, о котором мы расскажем ниже.

Ошибкой многих людей, которые начинают заниматься инкубацией, является то, что неудобные, по мнению людей, лотки для влаги заменяют на высокие бутыли с обрезанным горлышком или другую глубокую посуду. Важно помнить, что для получения оптимального количества влаги важна площадь испарения, а не глубина сосуда.

Недостаток влаги – гипогидроз приводит к водному голоданию, нарушающему обмен веществ. Вывод при гипогидрозе наступает преждевременно. Выводок мелкий, с сухим желтоватым пухом. Начав вылупление и разъединив клювом скорлупу, птенцы часто не могут разорвать плотные подскорлупные оболочки и остаются в яйце [4].

3. Температура. Процесс получения температуры в нашем инкубаторе отличается от других инкубаторов и представляет собой оптимальное решение. Для начала расскажу о процессе регулирования температуры на примере Инкубатора ИКП – 90 «Кавказ».

Регулирование температуры в инкубаторе осуществляется с помощью электронного регулятора температуры (РТИ), датчиком которого является платиновый термометр сопротивления. Регулятор подает команды на включение – выключение нагревательных элементов с помощью магнитного пускателя и тиристора. Аварийное повышение температуры регистрируется контактным термометром (38,3°С), который включает звуковой

и световой сигналы, а также тяговый механизм заслонок охлаждения [5]. По данному принципу работает система нагрева всех инкубаторов.

Регулировка температуры в нашем инкубаторе выполнена следующим образом. За контроль температуры отвечает цифровой ПИД – регулятор, который поддерживает рабочую температуру с отклонением в 0,1°С. Инкубатор имеет сбоку навесной шкаф, в котором расположены нагревательные элементы, они играют роль аварийных обогревателей. Шкаф внутри обшит вспененным утеплителем с фольгой. Помимо нагревателей, в выносном шкафу есть основной нагревательный элемент, который представляет следующую конструкцию. В инкубаторе в 5 см от пола корпуса по всей ширине установлена ПНД-труба диаметром 110 мм с отверстиями 8 мм, направленными вниз по всей длине, и по центру трубы – прямоугольное отверстие 50 х 100 мм, направленное так же вниз. Эта труба заведена в выносной нагревательный шкаф, в ней установлен основной нагревательный элемент и вентилятор с количеством оборотов не более 1000 в минуту. Более мощный вентилятор приводит к резким колебаниям температур, так как при больших оборотах вентилятора даже нагретый воздух в первые секунды после включения остывает.

Принцип работы автоматики следующий: по команде ПИД регулятора включаются одновременно основной, аварийные нагревательные элементы и вентилятор. Потоки теплого воздуха по трубопроводу подаются вниз инкубационного шкафа, где стоит лоток с водой и происходит нагрев воды. Теплый воздух равномерно заполняет инкубатор. Материал ПНД трубы не имеет тепловой инерции и не влияет на скачки температуры. Вентилятор в трубопроводе находится между нагревательными элементами. На основной элемент идет подача воздуха, а из навесной камеры идет вытяжка подогретого воздуха. Данное решение позволяет постоянно подавать в инкубатор подготовленный нагретый воздух и не приведет к выдуванию и долгому нагреву до нужной температуры. В аварийной ситуации нагревательные элементы справляются с поддержанием заданной температуры. Максимальная мощность инкубатора – 250 Вт.

4. Вентиляция. Движение воздуха в инкубаторе происходит за счет вентилятора, отвечающего за обдув нагревательных элементов. В навесной камере есть технологические отверстия, которые постоянно открыты. Через них идет забор свежего воздуха в нагревательный шкаф далее по трубе в инкубатор. Из инкубатора воздух удаляется в технологические отверстия за счет движения воздушных масс и естественных физических процессов. Соотношение давлений внутри инкубатора предопределяет движение воздуха по направлению технологического потока.

5. Инкубационные лотки с возможностью искусственной аэроионизации – 4 штуки. Вместимость одного лотка – куриных, гусиных, перепелиных яиц 110/70/325 штук. Общая загрузка инкубатора –

440/280/1300 яиц. Поворот лотков в инкубаторе осуществляется двигателем РД-09. Лотки автоматически поворачиваются один раз в час на угол 90° по команде реле времени.

На данном этапе остановимся подробнее. Инкубационные лотки с возможностью аэроионизации являются нашей разработкой. Данное решение ранее в литературе описано не было.

Много аэроионизационных установок применяется в птицеводстве, известно следующее изобретение, при помощи которого производится стимуляция яиц сельскохозяйственной птицы в инкубаторе (рисунок 1).

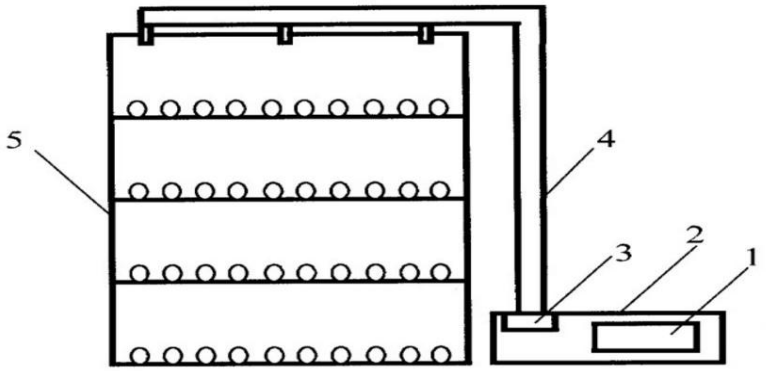


Рисунок 1 – Процесс ионизации инкубаторов

Сущность изобретения поясняется чертежом, где схематично показан процесс ионизации инкубаторов.

Предлагаемый способ реализуется с помощью установки, состоящей из: разрядника 1, корпуса генератора ионов 2, компрессора 3, трубопровода 4, камеры инкубатора 5.

При подаче напряжения в разряднике 1 протекает коронный разряд, вследствие чего образуется ионовоздушная смесь, она смешивается с воздухом в корпусе генератора 2, ионовоздушная смесь с помощью компрессора 3, производительностью 5 $м^3$/ч, проходит по трубопроводу 4 и попадает в камеру инкубатора 5 [6]. Данный способ аэроионизации является малоэффективным, так как при транспортировке аэроионов по трубопроводу из-за частых столкновений ионы рекомбинируют. При столкновении отрицательного и положительного ионов электрон переходит от одного к другому и образуются два нейтральных атома или молекулы. Притягивая нейтральные молекулы, легкие ионы «утяжеляются» и превращаются в средние. В результате их концентрация со временем уменьшается. Среднее время жизни легкого отрицательного иона оценивается десятками секунд [7]. Вследствие чего эффективность установки мала.

Принцип работы нашей установки следующий. В инкубатор вмещается 4 лотка с яйцами, сверху на лоток устанавливается решетка, корпус которой выполнен из диэлектрического материала. По всей длине лотка

натянута нить толщиной 0,1 мм – это отрицательный электрод. Вывод присоединен к высоковольтному трансформатору, находящемуся снаружи инкубатора. Дно лотка выполнено из металлической оцинкованной сетки, которая заземлена и является положительным электродом. По команде, заданной таймером, включается установка. В результате чего между электродами появляются отрицательные ионы. Суть изобретения в том, что инкубируемое яйцо находится в непосредственной близости от электродов и транспортировка отрицательных ионов через трубопровод не нужна, что приводит к минимальным потерям отрицательных ионов.

Согласно исследованиям ученых в различных областях науки, таких, как медицина, ветеринария, животноводство, птицеводство нормализовать обменные процессы клетки, эмбриона или организма в целом можно с помощью ионизации воздуха. Вследствие чего вдыхаемые аэроионы отдают свои электрические заряды эритроцитам крови, а с ними – клеткам всего организма, нормализуя обменные процессы [4].

Результаты инкубации

В изготовленный нами инкубатор была заложена пробная партия перепелиных яиц в количестве 100 штук. Данная инкубация проводилась для проверки работоспособности систем инкубатора. Полученные данные запротоколированы и являются контрольными для последующих партий инкубации.

На 16,5 день начался вывод. Основная волна вывода пришлась на первые 4 часа, в дальнейшем вывод продолжался по 3–4 птенца в час, самый последний птенец появился через 12 часов после начала инкубации. Птенцы, вылупившиеся в первые 6 часов, были более подвижны, спокойны, научились быстрее самостоятельно принимать пищу, чем поздние собратья.

После окончания инкубации были вскрыты яйца и получены следующие результаты:

1. Вылупилось 52 штуки, (6 штук в первые два дня выбыли: 4 – забраковали шпагат; 1 – забраковали слипшиеся перья (на 3 день стал постоянно мокнуть); 1 – сдох.
2. Неоплодотворенные – 20 штук.
3. Замершие на разных стадиях развития – 28 штук.

Наша команда первыми полученными результатами довольна. Конструкторские решения, которые были применены в инкубаторе, оправдали наши ожидания. Следующим нашим шагом является инкубация яиц с обработкой отрицательными аэроионами. О результатах данных испытаний будет написано в следующих статьях.

Литература

1. ГАРАНТ.РУ [Электронный ресурс]: информационно-правовой портал. – Режим доступа: http://www.garant.ru/article/630000/#ixzz4OE7iQ5O8.

2. Чижевский, А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве [Текст] / А.Л. Чижевский. – М.: Стройиздат, 1989. – 481 с.
3. Маилян, Э.С. Особенности инкубации современных кроссовых пород птицы [Текст] / Э.С. Маилян. – М.: ООО «Техкром», 2014. – 35 с.
4. Дядичкина, Л.Ф. Диагностика причин эмбриональной смертности сельскохозяйственной птицы [Текст] / Л.Ф. Дядичкина. – Сергиев Посад, 2006. – 62 с.
5. Агеев, В.Н. Промышленное птицеводство [Текст] / В.Н. Агеев, Ф.Ф. Алексеев, М.А. Асриян [и др.] – М.: Агропромиздат, 1985. – 479 с.
6. Способ обработки яиц в инкубаторах [Текст] : пат. 2343700 Рос. Федерация : МПК A01K41/00 (2006.01) / Нормов Д.А., Шевченко А.А., Шхалахов Р.С., Квитко А. В. ; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2007137257/12 ; заявл. 08.10.2007 ; опубл. 20.01.2009, ил.
7. Чижевский, А.Л. Аэроионы и жизнь [Текст] / А.Л. Чижевский. – М.: Мысль, 1999. – 325 с.

УДК 628.316.6

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ОЗОНОМ

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА),
обучающийся П.Е. Еропкин
(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА)

В настоящее время существует множество различных способов очистки стоков животноводческих комплексов и обеззараживания навозных стоков: 1) обезвоживание навозных сточных вод при помощи декантеров (центрифуг), 2) сепарации навоза с последующим хранением жидкой фракции в «Лагунах» с последующим вносом (спустя 1 год после отстаивания) на поля, 3) очистка воды животноводческих стоков и приготовлению удобрений из твердой фракции.

Технология очистки, предложенная нами, основана на использовании газа озона – сильного окислителя. Озонатор вырабатывает озон из кислорода, содержащегося в атмосферном воздухе.

Озон может быть получен различными методами: а) с помощью химических реакций, б) в результате ультрафиолетового излучения, в) при электрическом разряде. В промышленном масштабе приемлем лишь последний метод, где поставщиком озона является воздух или кислород.

Исключительная окислительная способность озона позволяет использовать его для разложения большого числа молекул органических веществ, растворенных в производственных сточных водах сельхозобъектов.

Озон проявляет высокую эффективность по отношению к бактериям, по этой причине мы начали исследования в сфере очистки стоков в сельском хозяйстве. Несмотря на то, что озонирование позволяет добиться высоких показателей очистки, на сегодняшний день при оценке возможности и целесообразности его применения для обработки стоков сельскохозяйственного производства необходимо проводить сопоставительный анализ с традиционными методами обесцвечивания (например, с сорбцией на активированном угле) с учетом производительности проектируемых сооружений. Капитальные и эксплуатационные затраты на процесс озонирования иногда могут в несколько раз превысить стоимость традиционных методов обработки, но в дальнейшей перспективе окупаемость данного метода высока и экологически оправдана. Результаты экспериментов по озонированию производственных сточных вод, содержащих стирол, позволили установить, что при концентрации стирола 50-150 мг/л 10-минутное озонирование воды дает снижение ХПК на 90% при оптимальном значении pH = 8.

Вопрос о гигиенической эффективности озонирования может быть решен только на основе химического контроля остаточных количеств соединений и оценки токсичности промежуточных продуктов реакции.

Нами разработан озонатор «Озон-1» (рисунок 1).

Рисунок 1 – Озонатор «Озон-1»

Конструкция озонатора «Озон-1» представлена на рисунке 2.

Устройство состоит из 4-х сборных пластин, которые в результате подачи на них напряжения 10 кВ производят озон; осевого трехлопастного вентилятора, шлангов для отвода озоно-воздушной смеси, блока управления и трансформатора высокого напряжения.

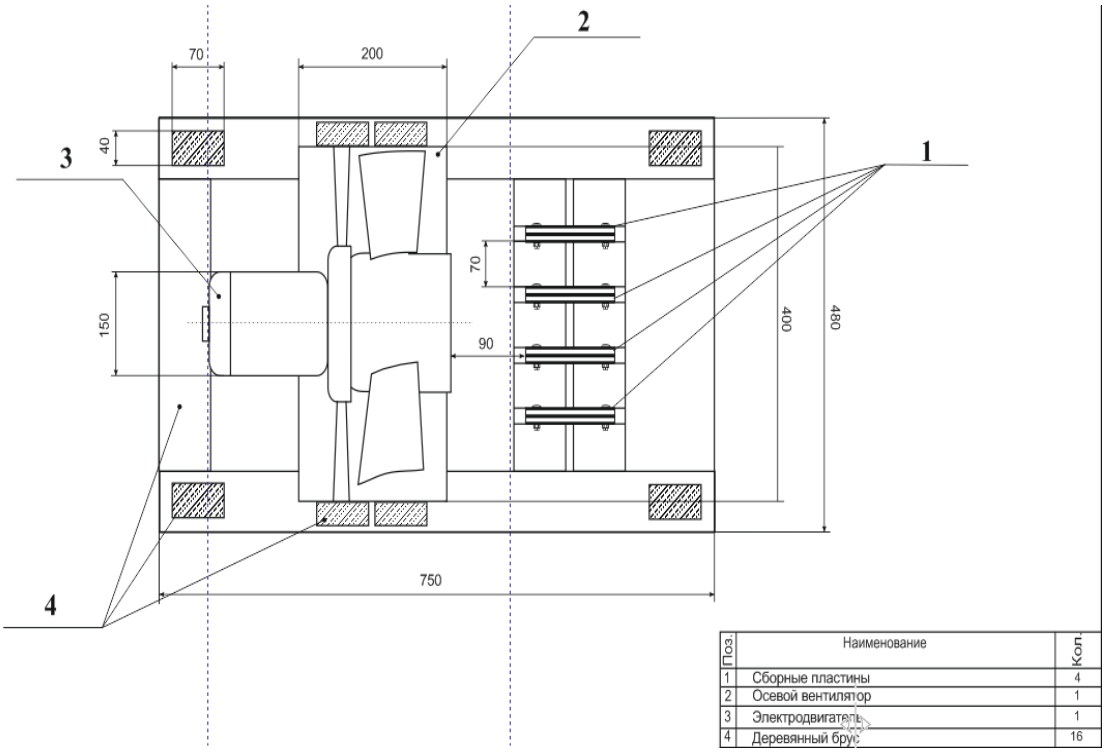


Рисунок 2 – Конструкция озонатора «Озон-1»

Сборные пластины выполняются из диэлектрических материалов, в частности, текстолита, стекла и из оргстекла. В качестве барьерного сопротивления выбирается стекло толщиной 3 мм, на стекло приклеиваются прокладки их оргстекла, на которые укладываются пластинчатые круглые электроды диаметром 7 см, выполненные из оцинкованной стали. Сверху укладывается лист текстолита, через отверстия которого припаиваются высоковольтные провода под напряжением 10 кВ. Для скрепления конструкции используются болты с диаметром резьбы 5 мм. Пластины устанавливаются вертикально друг над другом на расстоянии 7 мм во избежание вероятности пробоя. Верхняя и нижняя пластины содержат по две пары круглых электродов, а средние – по три.

Озонатор претерпел многие изменения и стал более функциональным.

Появилось три режима управления:

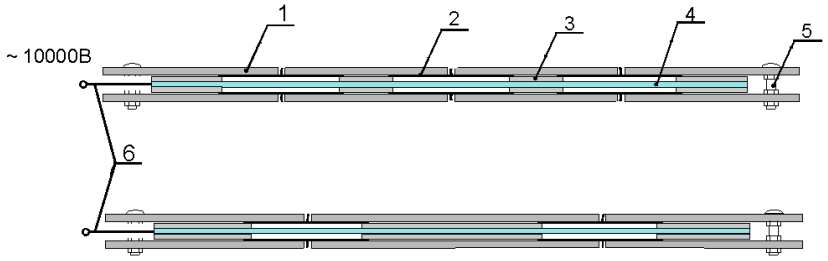
Первый режим представляет собой возбуждение только верхних сборных пластин в блоке получения озона и продувку вентилятором в среднем режиме.

Второй режим представляет собой возбуждение всех сборных пластин и работу вентилятора в среднем режиме.

Третий режим представляет собой возбуждение всех сборных пластин и работу вентилятора в максимальном режиме.

Три эти режима позволяют регулировать включения сборных пластин, тем самым увеличивать или уменьшать подачу озоно-воздушной смеси в первую емкость, где озонируются сточные воды сельскохозяйст-

венного производства. Сборные пластины блока получения озона представлены на рисунке 3.



1 – стекло; 2 – оцинкованная сталь; 3 – оргстекло; 4 – электроды; 5 – болтовое крепление; 6 – высоковольтный провод.

Рисунок 3 – Сборные пластины блока получения озона

Общая толщина пластины составляет 20 мм. Из них текстолит, стекло, оргстекло – по 3 мм каждый лист, оцинкованный электрод 1 мм. Экспериментальным путем подобрано межэлектродное расстояние, равное 9 мм. Во время работы установки в межэлектродном пространстве наблюдается свечение фиолетового цвета.

Корпус установки представляет собой каркас из деревянных брусьев 70*40 мм, обитых листами ДВП толщиной 5 мм. На лицевой стороне расположены 6 шлагов длиной 2 м и диаметром 3,5 см для отвода озоно-воздушной смеси из корпуса. На задней стороне находится отверстие с сеткой для поступления воздуха к вентилятору. На верхней части установки находится блок управления, который состоит из трансформатора ВН, клеммника и двух автоматов Simens для включения вентилятора и трансформатора. Также три выключателя для включения одного из режимов управления. Также сверху имеется крышка для доступа к внутренним частям установки. С каждого боку установки предусмотрены ручки для переноса и внизу колесики для удобства передвижения.

Технологическая схема озонации представлена на рисунке 4.

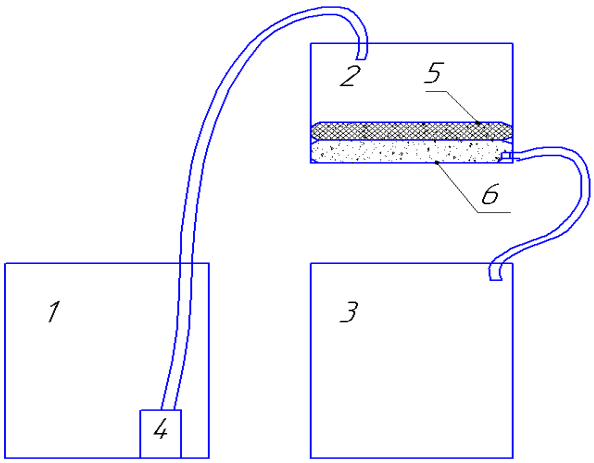


Рисунок 4 –Технологическая схема озонации

В бочку 1 объемом 127 литров сливают стоки с сельскохозяйственного производства.

В бочку вводятся шесть трубопроводов, по которым подается озоно-воздушная смесь от озонатора, расположенного рядом с бочкой 1. Озонатор начинает обрабатывать смесь навоза озоно-воздушной смесью на протяжении 30 минут. После озонации смесь навоза находится в бочке 1 на протяжении 10 дней. По истечении 10 дней фекальный насос 4 перегоняет смесь навоза в бочку фильтрации 2. Смесь навоза, попав в бочку фильтрации, проходит через фильтр с активированным углем 5 и песочный фильтр 6. После бочки фильтрации 2 под действием силы тяжести профильтрованные стоки навоза стекают в бочку 3. В бочке 3 производится сбор проб и отправка их на анализы в испытательную лабораторию.

Рисунок 5 – Стоки до начала озонации «Контроль»

Стоки до начала озонации «Контроль» представлены на рисунке 5.

Было сделано органолептическое исследование стоков.

Прозрачность: низкая (из-за веществ минерального и органического происхождения). Запах: имеет отчетливый запах навоза.

Мутность: мутный, наблюдается взвесь, вязкая структура.

Цвет: коричневый.

Произведено более 10-ти опытов озонирования, из которых мы отобрали 2 пробы, представленные на рисунке 6.

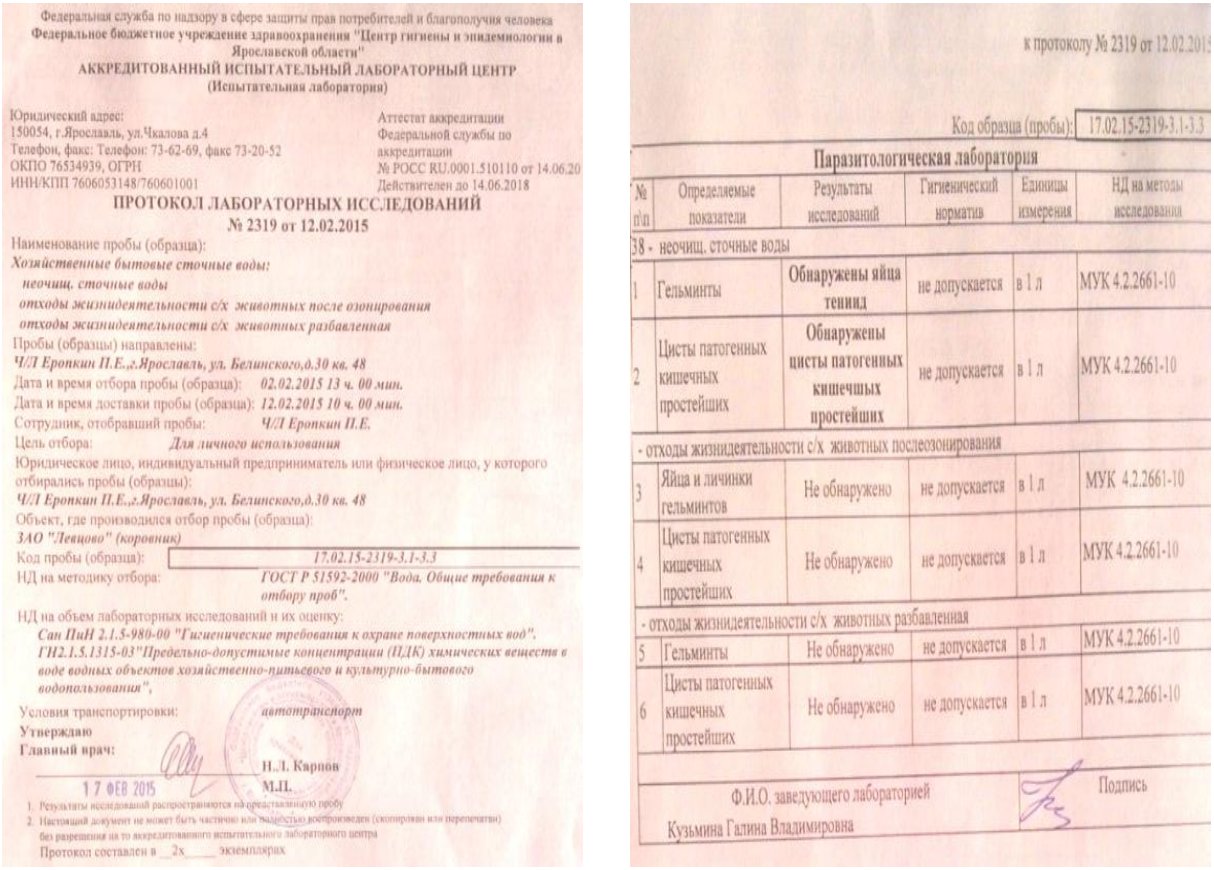
Рисунок 6 – Результаты опытов: «Контроль», «Проба 1», «Проба 2»

Контроль – стоки сельскохозяйственного производства, проба 1 – стоки, прошедшие озонацию, проба 2 – стоки, прошедшие озонацию, с добавление 50% воды.

Визуально видно, что стоки до озонации «Контроль» и после озонации «Проба 1», «Проба 2» не имеют видимых различий. В «Контроле» чувствуется отчетливый запах навоза, а в пробах «Проба 1», «Проба 2» чествуется запах навоза с озоном. Мутность в «Контроле» и пробе «Проба 1», «Проба 2» осталась неизменной, за исключением пробы «Проба 2», но это в большей мере мутность данной пробы связана с добавлением в нее 50% воды, чем с озонированием. Все три образца имеют низкую прозрачность, и наблюдается взвесь (рисунок 7).

По данным, полученным за 2015-2016 год (представлены на рисунках 8 и 9), можно сделать вывод, что яйца гельминтов после озонации полностью уничтожаются.

Рисунок 7 – Прозрачность «Контроля» и «Пробы 1», «Пробы 2»



Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения "Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области"
АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР
(Испытательная лаборатория)

Юридический адрес: 150054, г.Ярославль, ул.Чкалова д.4
Телефон, факс: Телефон: 73-62-69, факс 73-20-52
ОКПО 76534939, ОГРН
ИНН/КПП 7606053148/760601001

Аттестат аккредитации Федеральной службы по аккредитации № РОСС RU.0001.510110 от 14.06.20
Действителен до 14.06.2018

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
№ 2319 от 12.02.2015

Наименование пробы (образца):
Хозяйственные бытовые сточные воды:
неочищ. сточные воды
отходы жизнидеятельности с/х животных после озонирования
отходы жизнидеятельности с/х животных разбавленная
Пробы (образцы) направлены:
Ч/Л Еропкин П.Е.,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Дата и время отбора пробы (образца): *02.02.2015 13 ч. 00 мин.*
Дата и время доставки пробы (образца): *12.02.2015 10 ч. 00 мин.*
Сотрудник, отобравший пробы: *Ч/Л Еропкин П.Е.*
Цель отбора: *Для личного использования*
Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):
Ч/Л Еропкин П.Е.,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Объект, где производился отбор пробы (образца):
ЗАО "Левцово" (коровник)
Код пробы (образца): *17.02.15-2319-3.1-3.3*
НД на методику отбора: *ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб".*
НД на объем лабораторных исследований и их оценку:
Сан ПиН 2.1.5-980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод", ГН2.1.5.1315-03"Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования",
Условия транспортировки: *автотранспорт*
Утверждаю
Главный врач:
Н.Л. Карпов
М.П.
17 ФЕВ 2015
1. Результаты исследований распространяются на представленную пробу
2. Настоящий документ не может быть частично или полностью воспроизведен (скопирован или перепечатан) без разрешения на то аккредитованного испытательного лабораторного центра
Протокол составлен в 2х экземплярах

к протоколу № 2319 от 12.02.201

Код образца (пробы): 17.02.15-2319-3.1-3.3

Паразитологическая лаборатория

№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследований
38 - неочищ. сточные воды					
1	Гельминты	Обнаружены яйца тениид	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
2	Цисты патогенных кишечных простейших	Обнаружены цисты патогенных кишечных простейших	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
- отходы жизнидеятельности с/х животных послеозонирования					
3	Яйца и личинки гельминтов	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
4	Цисты патогенных кишечных простейших	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
- отходы жизнидеятельности с/х животных разбавленная					
5	Гельминты	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
6	Цисты патогенных кишечных простейших	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10

Ф.И.О. заведующего лабораторией: Кузьмина Галина Владимировна
Подпись

Рисунок 8 – Данные лабораторного исследования 2015 года

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения "Центр гигиены и эпидемиологи и в Ярославской области"
АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР
(Испытательная лаборатория)

Юридический адрес:
150054, г.Ярославль, ул.Чкалова д.4
Телефон, факс: Телефон: 73-62-69, факс 73-20-52
ОКПО 76534939. ОГРН
14.06.;
ИНН/КПП 7606053148/760601001

Аттестат аккредитации
Федеральной службы по
аккредитации
№ РОСС RU.0001.510110 от

Действителен до 14.06.2018

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
от 02.05.2016

Наименование пробы (образца):
Хозяйственные бытовые сточные воды:
неочищ. сточные воды
отходы жизнедеятельности с/х животных после озонирования
отходы жизнедеятельности с/х .животных разбавленная
Пробы (образцы) направлены:
Ч/Л Еропкин 11. Е. ,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Дата и отбора пробы (образца): 22.04.2016 12 ч. 00мои.
Дата и время доставки пробы (образца): *02.05.2016* 10 ч. 00мин.
Сотрудник, отобравший пробы: *Ч/Л Еропкин П.Е.*
Цель отбора: **Для личного использования**

(Проведение исследование для научной работы)

Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образцы):
Ч/Л Еропкин П.Е.,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Объект, где производился отбор пробы (образца):
ЗАО "Левново" (коровник)

Код пробы (образца): *06.05.16*
НД на методику отбора: *ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб ".*
МД на объем лабораторных исследований и их оценку:
Сан ПиН 2.1.5-980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод".
ГН2.1.5.1315-03"Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ",

Условия транспортировки: / *автотранспорт*

ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области»
150054, г. Ярославль, ул. Чкалова, д. 4

Зав. отд.

Рисунок 9 – Данные лабораторного исследования 2016 года

УДК 639.3.041.2

ВЫВЕДЕНИЕ МАЛЬКОВ ОСЕТРА ИЗ ИКРЫ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия),
к.б.н., доцент Е.Г. Скворцова
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия),
зоотехник-селекционер А.Д. Кутина
(АФ «Авангард», Ярославль, Россия)

В настоящее время одной из главных тенденцией в мире является развитие рыбоводства и увеличение пищевых продуктов рыбного производства. В отличие от многих стран в России существуют обширные ресурсы для осуществления и поддержания рыбного хозяйства на высшем уровне (отлаженная система искусственного воспроизводства с отработанными технологиями по различным методам разведения рыб и высококвалифицированные в этой отрасли специалисты).

В производственных условиях выход мальков из икры и выживаемость мальков колеблется в пределах 20-30%. В связи с этим мы провели предварительные опыты, которые показали положительные результаты технологии инкубации икры и выращивания мальков в электростатическом поле.

Поэтому нами были поставлены следующие задачи:

1. Провести: а) инкубацию икринок ленского осетра в контроле и под воздействием электростатического поля; б) регистрацию количества икринок, массы и размера.

2. Оценить результаты инкубации (% погибших, гидрохимические показатели воды, количество вылупившихся мальков).

3. Пересадка вылупившихся мальков в аквариумы (контрольный и опытный, находящийся под воздействием электростатического поля); ежедневная регистрация гидрохимических параметров воды (pH, нитритов, аммиака-аммония).

4. Взвешивание отдельных особей, измерение общей длины туловища, длины туловища без хвоста, ширины, регистрация стадии развития.

5. Оценка результатов подращивания.

6. Расчет экономической эффективности результатов опыта.

Объектом исследования была взята икра ленского осетра, потому что осетр – очень выгодная для разведения рыба. Это не только источник вкусного и полезного мяса, но и поставщик настоящего деликатеса – черной икры, а также ценной разновидности кожи, используемой для всевозможных изделий.

22 апреля 2016 года была получена исследуемая икра от ООО Рыбоводный завод «Ярославский». В этот же день она была взвешена на весах

марки ОКБ Веста. Диаметр икры и стадию развития определяли при помощи микроскопа МБС-1.

Произвели пересчет икринок и распределение в равных долях по колбам аппарата Вейса–2 опытные с наложенными электродами, подключенными к высоковольтному источнику питания, 2 контрольные – без электродов. К колбам аппарата подвели через фильтр водопроводную воду.

Далее был включен ток воды в аппарат Вейса и источник высокого напряжения на 40 кВ, тип ВИП-40/0,5. Напряжение на электроды подавалось в течение всей инкубации.

Всех вылупившихся мальков осетра 27 апреля рассадили по двум аквариумам, стоящим друг над другом. Верхний аквариум на 100 литров воды оборудован был нагревателем и компрессором для насыщения воды кислородом. Нижний аквариум на боковых стенках дополнительно имел электроды для подключения высоковольтного источника питания.

Ежедневно измеряли гидрохимические показатели воды в аквариумах, размеры мальков, их массу и отход.

В процессе решения поставленных задач получены следующие результаты: уровень pH в период с 22 по 25 апреля 2016 сдвигался в кислую сторону, что видно из таблицы 1.

Таблица 1 – Уровень pH за исследуемый период времени

Дата	Уровень pH
22.04.2016 г.	7,16
23.04.2016 г.	7,00
24.04.2016 г.	6,50
25.04.2016 г.	5,85

Температура во время инкубации колебалась в пределах 18-21°С, что показано на рисунке 1.

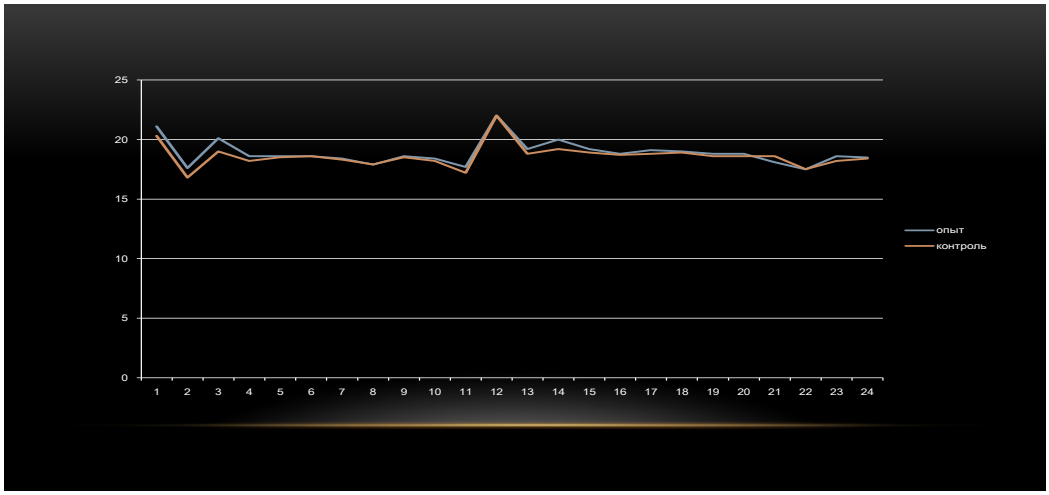


Рисунок 1 – Температурный режим за исследуемый период времени

Отход икринок, зараженных сапролегнией, в процессе инкубации в колбах виден на рисунке 2. За весь период исследования отход в опытных колбах составил 47 икринок (1,3%); в контрольных – 160 (4,6%).

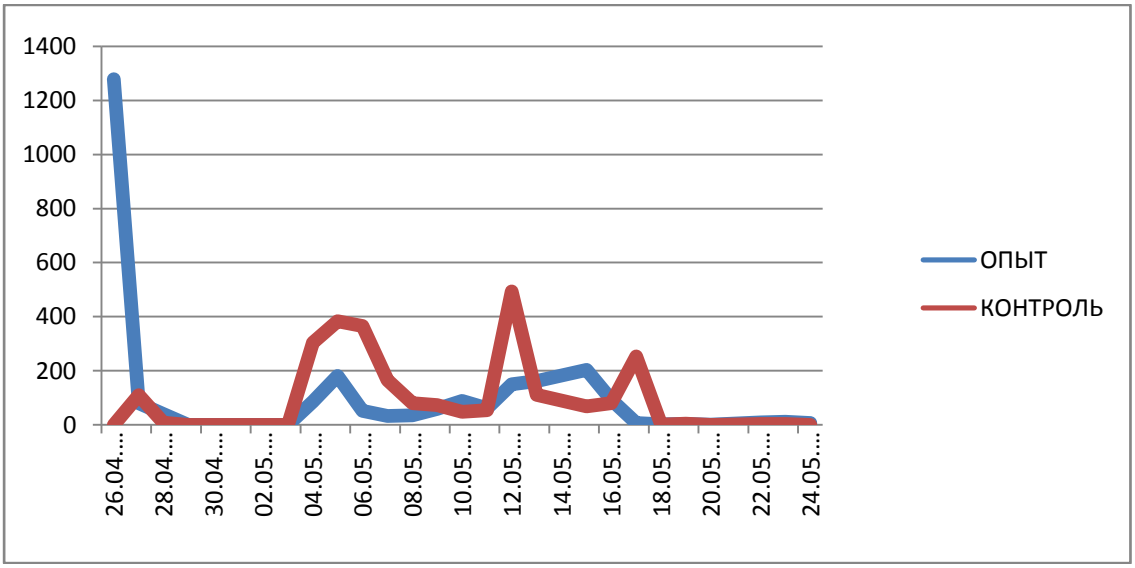


Рисунок 2 – Отход икринок, зараженных сапролегнией

Одна из помп, как оказалось позже, была в нерабочем состоянии. В аквариумы первоначально не были установлены сетки, которые преграждали малькам проход к помпам. В связи с этим в опытном аквариуме произошли большие потери в количестве 1279 мальков, в контрольной группе мальки не имели повреждений.

Произведена пересадка особей, вылупившихся после 25 апреля 2016 года – 1700 особей (рисунок 3).

Рисунок 3 – Аквариум с мальками

В период с 26 апреля по 24 мая температура в аквариумах колебалась в пределах от 17°С до 22°С.

Содержание аммиака-аммония в период с 4 по 24 мая составило в опытной группе 0,014 мг/л (14 микрограмм), в контрольной – 0,029, то есть содержание аммиака-аммония в контрольной группе превышало норму, но не было критичным. Содержание нитритов в обеих группах имело значение 0,1 мг/л, то есть находилось в пределах нормы.

27 апреля 2016 года началось роение личинок (рисунок 4). В этот же день была поставлена на инкубацию артемия для кормления личинок.

Рисунок 4 – Роение личинок

За период исследования были взяты промеры личинок: длина с хвостом, длина без хвоста и ширина. Вес всех личинок увеличился в два раза.

При применении колбы аппарата Вейса, с наложенными электродами, потери на производстве сокращаются на 240 тысяч в год (без учета стоимости установки).

Выводы

1. Электростатическое поле уменьшает количество зараженных сапролегнией икринок осетра в два раза.

2. Количество личинок, умерших во время эксперимента, в опытном аквариуме оказалось в два раза меньше, чем в контрольном. Выживаемость личинок в результате воздействия электростатического поля увеличилась в 2 раза.

3. Ввиду случайного уменьшения плотности личинок в 2 раза их рост в опытной группе увеличился в 1,2 раза, что говорит о необходимости уменьшения плотности личинок в 2 раза.

УДК 635-133

ВЫГОНКА ЛУКА РЕПЧАТОГО НА ПЕРО В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия),
специалист отдела развития Н.А. Скольнова
(ООО «Центр обеспечения», Ярославль, Россия)

Выращивание лука – одно из самых рентабельных направлений в сельском хозяйстве. Однако для агрономов не является секретом то, что техника посадки лука подразумевает значительные затраты труда.

Существующие методы выращивания зелени лука на перо – в теплице и в открытом грунте:

а) в теплице: за 4 дня до посадки лук замачивают, далее срезают шейку луковицы, после этого высаживают в землю, пролитую водой комнатной температуры. Уход за луком – подкормка, полив и рыхление. Высота пера составляет 20 см. Сроки возгонки – от 35 до 45 дней;

б) в открытом грунте: высаживание лука происходит весной, как только сходит первый снег. Перед посадкой срезают шейку лука, замачивают его на пару часов. Его сажают ленточным способом, делая бороздки на расстоянии 14-19 см, затем в них высаживают луковицы через 3-4 см. Высота пера лука – 20-25 см. Сроки выгонки при весеннем посеве 50-60 дней. При летнем посеве зеленая масса достигает размера высотой 25-30 см за 45-50 дней;

в) в домашних условиях: посадка лука осуществляется на расстоянии 2-2,5 см друг от друга. Для посадки требуются крупные луковицы, так как они обладают наибольшей урожайностью. Уход за репчатым луком заключается в своевременных прополках, поливах. Также грядки с луком рыхлят раз в 1,5-2 недели на глубину до 3 см. Для выращивания пера лука необходимо подкармливать лук мочевиной, полив – каждые 2-4 дня. Высота пера лука составляет 20 см.

Сегодня существуют машины, способные облегчить трудоемкий процесс и ускорить его. В настоящее время на сельскохозяйственном рынке представлена техника для выращивания лука, с помощью которой механизируются практически все производственные процессы – от посадки до уборки. В качестве посадочного материала сельхозпредприятиями в основном используется лук-севок, и основная задача, которая должна быть выполнена, – равномерное распределение его по площади, выделенной под выращивание культуры.

Именно ее и решает техника для посадки лука. Представленные на рынке машины позволяют осуществлять точечную (пунктирную) посадку

луковиц двухстрочным методом. В зависимости от комплектации они бывают трех-, четырех- или шестистрочными, а количество рабочих секций поставляется в зависимости от пожеланий заказчика. Лук высаживается на расстоянии в 75 см между рядами, что в дальнейшем обеспечивает свободный доступ для прополки и рыхления почвы.

Особую значимость приобретает и техника для уборки лука, именно от нее зависит качество корнеплодов, отправляемых на дальнейшее хранение. Многие предприятия агропромышленного сектора приобретают луковые копалки, хорошо зарекомендовавшие себя, работающие и в зной, и в дождливую погоду. Данный вид техники оснащен одной или несколькими конвейерными лентами (в зависимости от модели), перемещаясь по которым лук очищается от грязи и других инородных предметов. Конечный сбор урожая производится с максимальной деликатностью, возможность порчи и деформации луковиц сведена до минимума.

К рамке с потенциальным электродом подведен высоковольтный провод, подключенный к минусовому выводу высоковольтного источника. Высоковольтный источник разработан В.В. Шмигелем и состоит из лабораторного автотрансформатора (ЛАТР – 9А), высоковольтного трансформатора ТГ 220/10000В мощностью 120 Вт, умножителя напряжения на шесть ступеней, собранного из высоковольтных диодов КЦ-201Е (20 кВ) и высоковольтных конденсаторов на 380 пФ (20 кВ).

Контроль первичного напряжения трансформатора осуществляется вольтметром, контроль тока утечки осуществляется микроамперметром. Первичное напряжение с помощью ЛАТРа подается на высоковольтный трансформатор, с которого через умножитель подключен вывод «–» к коронирующим проводам рамки, которая подвешена на четырех резьбовых опорах, позволяющих проводить регулировку высоты подвеса рамки. Первичное напряжение можно регулировать от 0 до 220 В, при этом на выходе после умножителя получаем умножение от 0 до 60 кВ.

Для поддержания температуры в помещении лаборатории установлены 2 конвектора фирмы «Делсот» мощностью по 2 кВт.

Суть способа заключается в воздействии на луковицу поля коронного разряда. При включении установки на шейку луковицы и зачатки действует поток отрицательно заряженных аэроионов. Он активирует их, что приводит к более быстрому росту зелени лука.

Был проведен ряд опытов по выгонке зелени лука. Первый опыт не дал хорошего результата, так как поток отрицательно заряженных аэроионов не поступал к противоположному заземленному электроду. Это произошло из-за закрытого пенопластом, водой и слоем стекла второго заземленного электрода.

В дальнейшем этот недостаток был устранен. Изготовлены решетки из оцинкованного железа, установленные на верхний слой почвы или пе-

нопласта. Опыты были поставлены в вариантах – в стеклянных контейнерах была налита вода, сверху устанавливалась пластина из пенопласта с отверстиями по размеру луковиц. На пенопласт укладывалась решетка из оцинкованного железа так, что отверстие для луковицы было внутри решетки. Решетка обрамляла каждую луковицу по периметру. В этом случае решетка из оцинкованного железа укладывалась на грунт. Решетка в обоих случаях заземлялась и к ней подводился положительный потенциал от источника высокого напряжения.

Экспериментальные данные по выращиванию пера лука в земле приведены на гистограмме (рисунок 1).

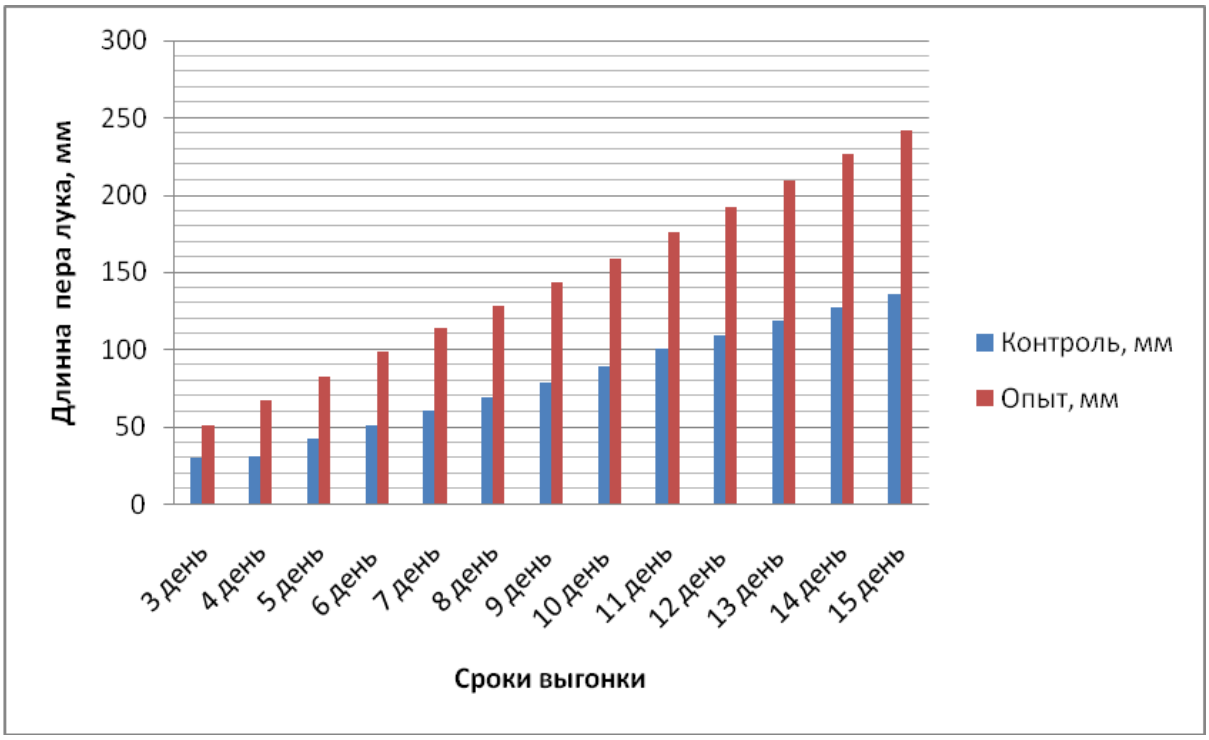


Рисунок 1 – Гистограмма роста пера лука (контроль – опыт)

Гистограмма длины пера лука, погруженного в воду, показана на рисунке 2.

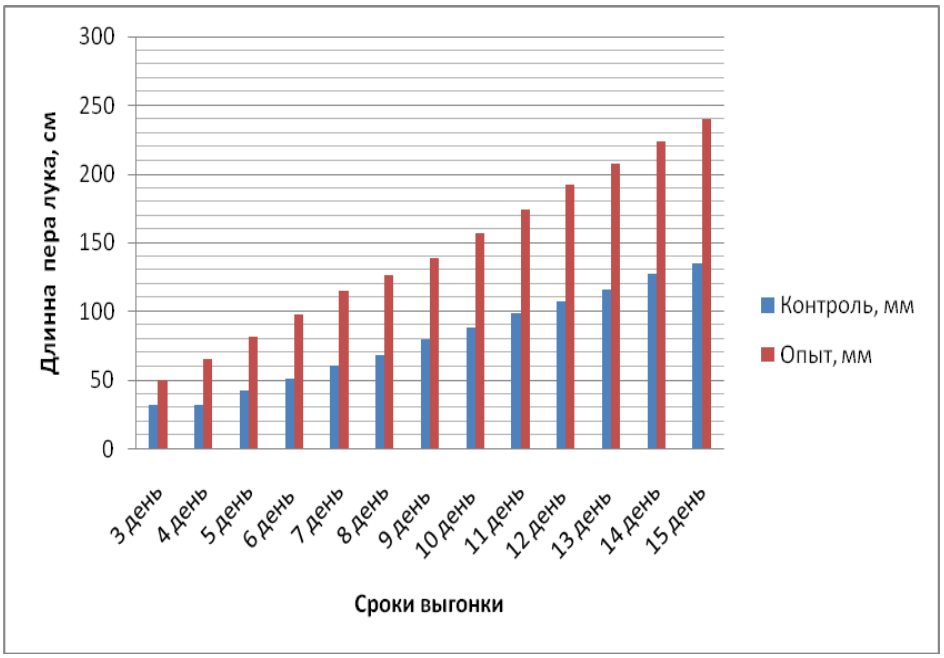


Рисунок 2 – Длина пера лука, погруженного в воду (контроль – опыт)

На рисунке 3 показаны результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 3 день, с использованием установки – опыт, без использования установки – контроль.

Контроль

Опыт

Рисунок 3 – Результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 3 день

На рисунке 4 показаны результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 9 день, с использованием установки – опыт, без использования установки – контроль.

Контроль

Опыт

Рисунок 4 – Результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 9 день

На рисунке 5 показаны результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 15 день, с использованием установки – опыт, без использования установки – контроль.

Контроль

Опыт

Рисунок 5 – Результаты эксперимента выращивания зеленой массы лука на 15 день эксперимента

Опыты с выгонкой зелени лука показали, что с использованием экспериментальной установки сокращается время выгонки зеленой массы на 25-35%.

УДК 620.9

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕТОДИОДОВ

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель, аспирант Е.В. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: светодиод, полупроводники, сельское хозяйство.

В статье рассматриваются основные характеристики светодиодов. Описывается структура, источники питания светодиодов, их устройство.

CONSTRUCTIVE FEATURES OF LIGHT EMITTIING DIODES

Doctor of Engineering Sciences, docent V.V. Shmigel,
Postgraduate student E.V. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Keywords: light-emitting diodes, semiconductors, agriculture.

The article considered the main characteristics of the light-emitting diodes. Describes the structure of sources for power of light-emitting diodes, their device.

В 1923 г. ученый О.В. Лосев, проводя радиотехнические исследования, заметил голубоватое свечение, испускаемое некоторыми полупроводниковыми детекторами. При этом разогрева элементов конструкции не было, свет рождался внутри карбидокремниевого кристалла вследствие неизвестных тогда электронных превращений. Однако интенсивность излучения была столь ничтожной, что научная общественность фактически «не увидела» его. Лишь спустя 40 лет занялись проблемой «полупроводникового света». И в середине 60-х годов XX в. появились светодиоды – крохотные пластмассовые светлячки красного, желтого, зеленоватого свечения. Как идеальные сигнализаторы состояния «включено-выключено», они полюбились конструкторам радиоаппаратуры и вскоре засветились на лицевых панелях радиоприемников, магнитофонов, телевизоров, компьютеров, а также холодильников, стиральных машин, технологических установок. Уже в середине 70-х годов мировое производство светодиодов перешагнуло миллиардную отметку, а сейчас – двадцатипятимиллиардную. В начале 90-х годов японская фирма Hure представила на рынке энерготехнологий светодиоды в десятки раз более яркие, чем все их предшественники. И при этом, получила все те цвета, которых прежде недоставало: сочно-зеленый, синий, фиолетовый, белый. В короткое время полупроводниковые светофоры стали незаменимыми в Москве и распространили свое действие по всем городам России. С 1998 года американцы из «Хьюлет

Пакард» начали производить светодиоды, пригодные для освещения салона автомобиля [1].

Итак, светодиод – это полупроводниковый прибор, основанный на p-n-переходе и предназначенный для излучения света в видимом диапазоне. Как известно, p-n-переход представляет собой соединенные вместе две части из полупроводников с различными типами проводимости. Проводимостью типа p обладают полупроводники с избытком положительных зарядов (дырок), а n – с избытком отрицательных зарядов (электронов). При подключении светодиода к источнику постоянного напряжения плюсом к контакту p, а минусом – к n, через светодиод потечет ток. При прохождении электронов через зону p-n-перехода (активная зона p-n-перехода прибора) электроны рекомбинируют (соединяются) с дырками, причем для производства светодиодов используются материалы, в которых рекомбинация носит не тепловой, а излучательный характер, то есть энергия, выделяемая при рекомбинации, идет не на нагревание материала полупроводника, а на излучение фотонов в оптическом спектре [2]. Схематично строение светодиода показано на рисунке 1.

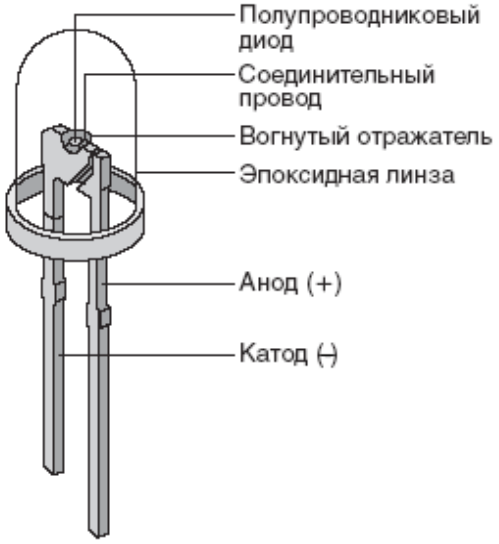


Рисунок 1 – Схема светодиода

Основу светодиода (Light Emitting Diode, или LED) составляет искусственный полупроводниковый кристаллик размером 0,3 × 0,3 мм, в котором реализован вышеупомянутый p-n-переход. Цвет свечения зависит от материала кристаллика. Так, красные и желтые светодиоды, как правило, изготовляют на основе арсенида галлия, зеленые и синие – на галлий-нитридной основе. Усиления свечения добиваются разными способами. В одних случаях в состав кристаллика вводят специальные добавки и присадки, в других – применяют многослойные структуры, что позволяет реализовать в одном кристаллике сразу несколько p-n-переходов, увеличив

тем самым яркость его свечения. Кристаллик «сажают» в металлическую полированную чашечку (медную или алюминиевую), которая является отражателем и «катодом» (–). К самому кристаллику «приваривают» золотую нить – «анод» (+). Затем всю конструкцию заливают прозрачным компаундом, которому придают определенную форму (назовем это колбой). От нее зависит угол излучения света, испускаемого кристалликом. Если верх колбы плоский, то свет выходит широким пучком (угол составляет 120-130°). Если верх выпуклый, то получается линза, собирающая свет в более узкий пучок (угол 8-60°). Чем меньше угол излучения, тем более интенсивный световой поток дает кристалл. Выпускаются светодиоды разных цветов: красного, желтого, зеленого, синего, сине-зеленого и белого, причем белый с недавних пор бывает нескольких оттенков (холодного, теплого, «солнечного» и др.). Стоимость светодиодов зависит от цвета и колеблется довольно существенно [3].

Принято следующее деление светодиодов на группы:

– светодиоды с током питания менее 30 мА, силой света 500-1000 мкд, которые применяются для сигнализации в системах отображения информации;

– светодиоды с током питания 30-100 мА, силой света 1-3 кд, используемые как для сигнализации в системах отображения информации, так и для освещения;

– светодиоды с током питания более 100 мА, световой поток которых составляет более 10 лм, предназначенные для освещения;

– светодиоды со специальными устройствами для оптимизации рабочих режимов [2].

Светодиод должен питаться от источника стабилизированного тока. Для питания светодиода от батарейки необходим токоограничивающий резистор R (рисунок 2).

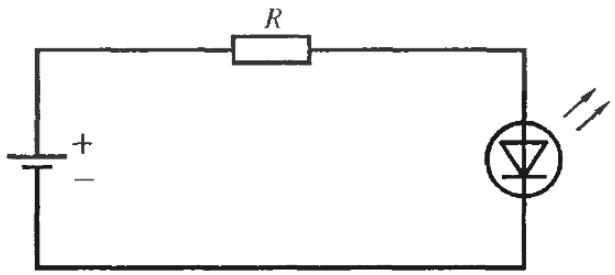


Рисунок 2 – Схема подключения светодиода к источнику постоянного тока

Светодиод можно питать и от источника переменного тока. При этом последовательно со светодиодом должен быть включен выпрямительный диод. Схема подключения светодиодов к источнику переменного тока представлена на рисунке 3.

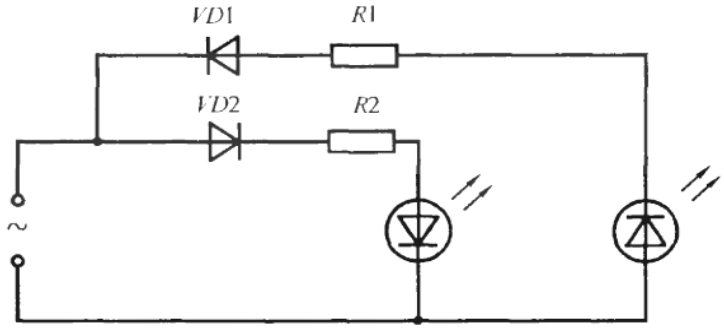


Рисунок 3 – Схема подключения светодиода к источнику переменного тока

Светодиоды также допускается питать в импульсном режиме. В этом случае импульсный ток, протекающий через прибор, может быть выше, чем значения постоянного тока (до 150 мА при длительности импульсов 100 мкс и частоте импульсов 1 кГц). Для управления яркостью светодиодов (и цветом, в случае смешения цветов) используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ) – метод, широко распространенный в современной электронике. Это позволяет создавать специальные управляющие устройства – контроллеры с функцией плавного изменения яркости (диммеры) и цвета (колор-чейнджеры), что можно эффективно использовать в системах декоративного освещения [2].

Рассмотрим более подробно мощные высокоэффективные светодиоды белого света известных производителей. Конструкции мощных светодиодов основаны на следующих принципах:

– использованы высокоэффективные излучающие гетероструктуры в системах AlGalnP/GaAs, AlGalnP/GaP и InGaN (активная область гетероструктуры содержит либо одиночную, либо множественные квантовые ямы);

– излучающие кристаллы имеют площадь не менее 1 мм^2 (вместо 0,05 мм^2 в стандартных СИД диаметром 5 мм); увеличение площади кристалла направлено на увеличение рабочего тока, т.е. на увеличение светового потока и снижение теплового сопротивления кристалла;

– для увеличения светового потока в ряде конструкций применяются несколько кристаллов, соединенных как последовательно, так и параллельно-последовательно;

– в качестве кристаллодержателя для улучшения теплоотвода использованы мощные медные основания (радиаторы);

– для сбора и преобразования бокового излучения кристаллов применены соответствующие рефлекторы;

– для эффективного вывода излучения и формирования заданной диаграммы направленности излучения конструкции светодиодов содержат полимерную линзу, согласованную по размерам с отражателем бокового излучения, а также в некоторых конструкциях вторичную оптику [4].

Таким образом, на современном этапе развития энергообеспечения самым инновационным способом освещения используемых человеком по-

мещений и территорий является светодиод, способный заменить собой все предыдущие способы освещения и стать важным фактором в новейшей эпохе энергосбережения. Светодиод необходим и применим во многих сферах жизнедеятельности человека: освещении сельскохозяйственных объектов, предприятий, улиц, домов, подводном освещении, промышленном, установке больших уличных экранов (светодиодные кластеры), светодиодные дорожные знаки. АПК – одна из самых сложных отраслей экономики, если говорить о выборе способа освещения. Существует необходимость использования искусственного освещения для повышения продуктивности, но, в то же время, важно снижать себестоимость производимой продукции, чтобы обеспечить ее конкурентоспособность. Наличие такой дилеммы требует применения особенно продуманного подхода к выбору светильников для сельского хозяйства. Наиболее выгодным освещением для АПК являются светодиодные лампы и прожекторы.

Литература

1. История создания светодиодов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.altie.ru.
2. Светодиоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rsvet.org/info/svetodiody.
3. Определение светодиода и его конструкция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.svetozone.ru/press/theme/leds/leds_9.html.
4. Давиденко, Ю. Высокоэффективные современные светодиоды [Текст] / Ю. Давиденко // Современная электроника. – 2004. – Октябрь. – С. 40.

УДК63.635-133

ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Д.т.н., доцент В.В. Шмигель, аспирант З.А. Целиков
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

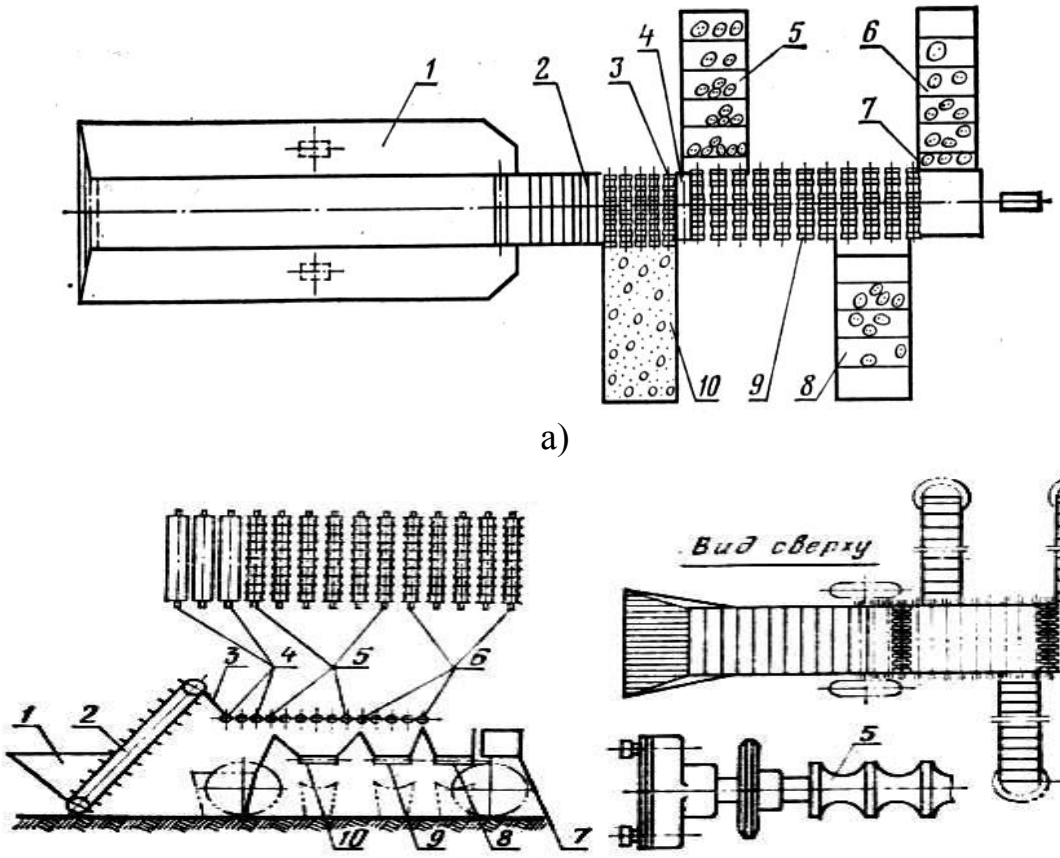
В соответствии с положениями Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, национальные интересы государства на долгосрочную перспективу заключаются в том числе в повышении конкурентоспособности национальной экономики, превращении Российской Федерации в мировую державу, деятельность которой направлена на поддержание стратегической стабильности и взаимовыгодных партнерских отношений в условиях многополярного мира.

Стратегической целью продовольственной безопасности является обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продук-

цией. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов.

Для обеспечения населения страны картофелем, который является вторым хлебом, необходимо повысить качество посевного материала.

Существующие механические картофелесортировальные пункты, имеющиеся почти в каждом хозяйстве, показаны на рисунке 1.



а)

б)

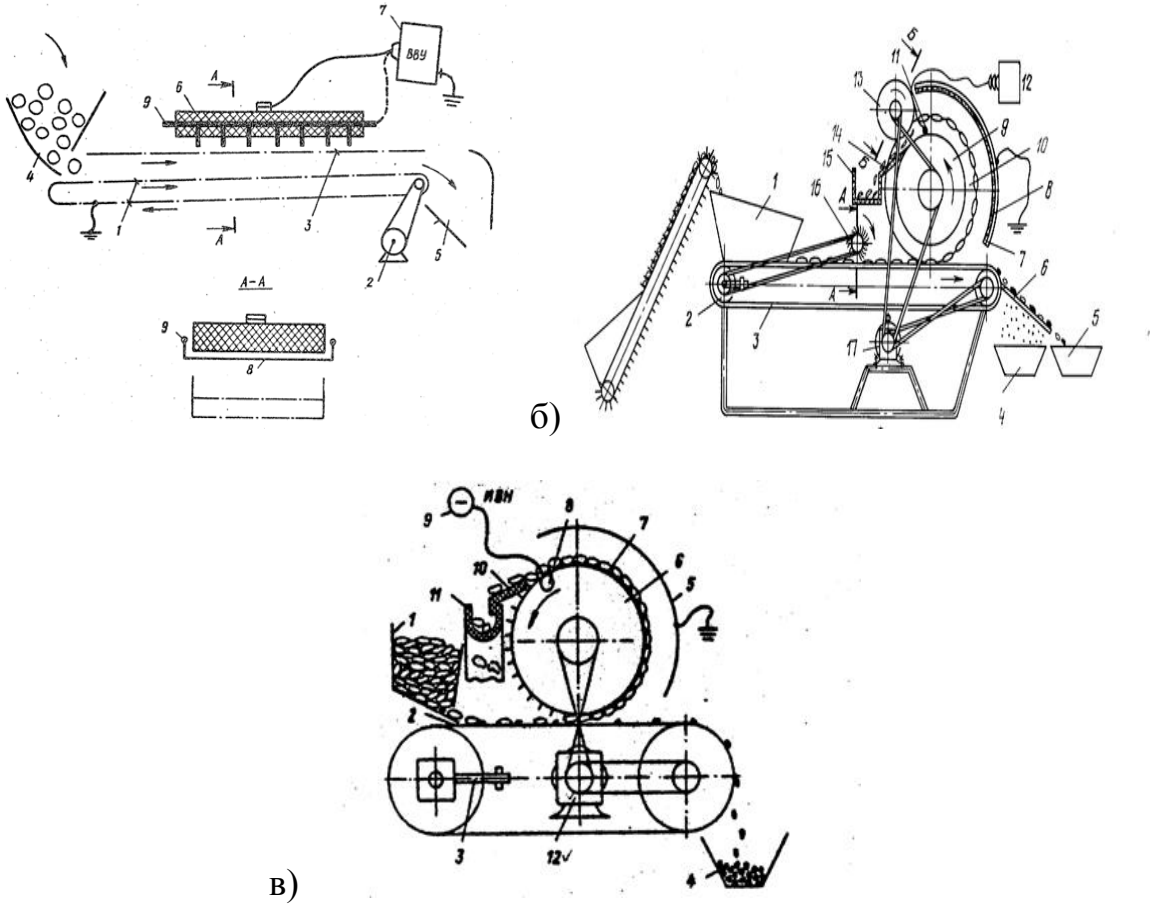
а) картофелесортировальный пункт КСП-15б: 1 – приемный бункер; 2 – загрузочный транспортер; 3 и 4 – сепарирующие и цилиндрические ролики; 5, 6 и 8 – отводящие транспортеры клубней; 7 и 9 – ролики для отделения средних и мелких клубней; 10 – отводящий транспортер примесей.

б) роликовая картофелесортировка РКС-10: 1 – приемный ковш; 2 – загрузочный транспортер; 3 – встряхивающая решетка; 4 – роликовый сортировальный стол; 5 – фигурные ролики; 6 – ролики, образующие ячейки; 7 – двигатель; 8, 9, 10 – отводящие транспортеры.

Рисунок 1– Механические картофелесортировальные пункты

Существующие механические методы подготовки картофеля к посеву недостаточно эффективны в том, что не делают предпосевной обработки клубней. Они только сортируют клубни по размеру. Сортировка проводится осенью. В течение зимы проводится неоднократная переборка

клубней картофеля при которой удаляются болезненные, поврежденные и гнилые клубни. В зимний период при хранении клетки клубня картофеля находятся в покое, для того чтобы в весенний период подготовить клубни для посадки, их приходится специально готовить – проращивать. На что дополнительно тратятся время и средства.



а) б)

в)

а) ЭКМ-ТБ электроклубнеобрабатывающая машина транспортерно-бортового типа: 1 – осадительный электрод в виде транспортерной ленты, (из металлизироваиного или электропроводящего материала); 2 – электропривод; 3 – обортовка; 4 – загрузочное устройство; 5 – выгрузное устройство; 6 – потенциальный диэлектрический электрод; 7 – высоковольтный источник; 8 – коронирующие струны; 9 – металлический обруч.

б) ЭКМ-БР – электроклубнеобрабатывающая машина барабанно-режущего типа: 1 – бункер; 2 – барабан ведомый; 3 – транспортерная лента; 4, 5 – приемные бункеры; 6 – скатная доска; 7 – осадительный электрод; 8 – диэлектрическая пластина; 9 – барабан; 10 – нож; 11 – контактный ролик; 12 – высоковольтный источник; 13 – эластичный валик; 14 – гребенка; 15 – желоб для приема обработанных клубней; 16 – щеточный валик.

в) ЭКМ-Б – электроклубнеобрабатывающая машина барабанного типа: 1 – бункер; 2 – транспортерная лента; 3 – натяжное устройство; 4 – приемный бункер; 5 – осадительный заземленный электрод; 6 – барабан; 7 – клубни; 8 – контактный ролик; 9 – источник высокого питания; 10 – гребенка для съема клубней картофеля; 11 – желоб; 12 – электродвигатель.

Рисунок 2 – Электроклубнеобрабатывающие машины

Для улучшения предпосадочной подготовки В.Н. Шмигель и В.Г. Григорьев предложили электроклубнеобрабатывающие машины для сортировки и предпосевной обработки в электрическом поле. На рисунке 2 показаны схемы предложенных ими машин.

Существующие электроклубнеобрабатывающие машины, к сожалению, в хозяйствах не используются. Для возможного их использования необходимы квалифицированные инженерные силы, которые в хозяйствах отсутствуют. Нами, в отличие от клубнеобрабатывающей машины ЭКМ-Б, разработан вариант электростимулятора-сортировщика клубней картофеля производительностью 600 кг в час (ЭССК-600). В нем высокое напряжение подводится к верхнему изогнутому плоскому электроду, а барабан с иглами заземлен. Таким образом, на иглах находится положительный высоковольтный потенциал, а на плоскости – отрицательный.

Механизм воздействия ЭП. Клубень картофеля – сложный физико-биохимический объект, состоящий из разнородных веществ, имеющих различные электрические свойства. Клетки пробковой ткани кожуры близки к диэлектрику, а древесины – к полупроводникам. При воздействии электрического поля и двухнедельной отлежки происходит перераспределение напряженности поля внутри клубня, ориентация полярных молекул веществ, входящих в протоплазму клетки, что сказывается на биохимических процессах в момент прорастания и дальнейшего развития клубня. В процессе роста выявлено стимулирующее действие концентрированного электрического поля на ряд физиологических видимых процессов: рост, развитие, регенерацию и интенсивность фотосинтеза.

На базе лаборатории электротехнологии кафедры электрификации инженерного факультета ФГБОУ ВО Ярославской ГСХА был разработан электростимулятор-сортировщик клубней картофеля производительностью 600 кг/ч. Общий вид машины показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Общий вид электростимулятора-сортировщика клубней картофеля

На данной машине была проведена электростимуляция клубней, которые были высажены после 2 недельной отлежки в лабораторных условиях и в условиях частного хозяйства Даниловского района Ярославской области. Производственный опыт был проведен в 2015 и 2016 годах.

Подготовка картофеля для посадки заключается в: а) обработке картофеля в электростатическом поле высокого напряжения; б) отлежке клубней картофеля в течение 12-14 дней.

В результате лабораторных экспериментов (рисунок 4) выявлено увеличение всхожести на 14%; увеличение облиственности на 20%; объем корневой системы увеличился на 12% и на 6% увеличился объем стебля, так же выявлено увеличение урожайности на 30%.

а) Контроль: 0 кВ; средняя длина ростков – 43, средняя толщина стеблей – 5,5 мм

б) Опыт: 35 кВ; средняя длина ростков – 45, средняя толщина стеблей – 6,2 мм

Рисунок 4 – Лабораторные исследования: а) контроль, б) опыт.

Параметры измерений и графики роста ботвы картофеля на 11, 13, 18 дни представлены на следующих графиках (рисунки 5, 6, 7).

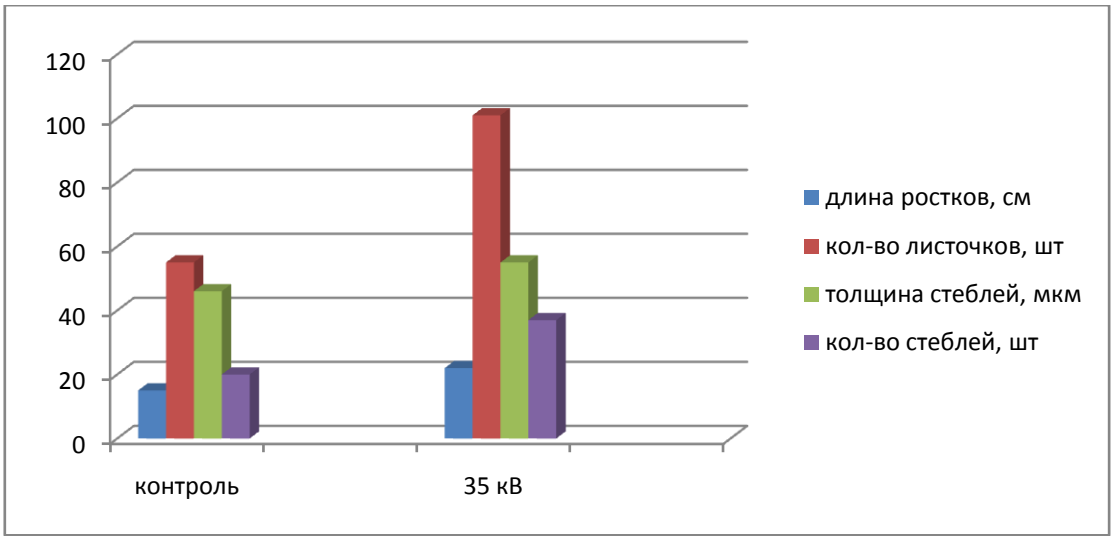


Рисунок 5 – Параметры роста картофеля на 11 день

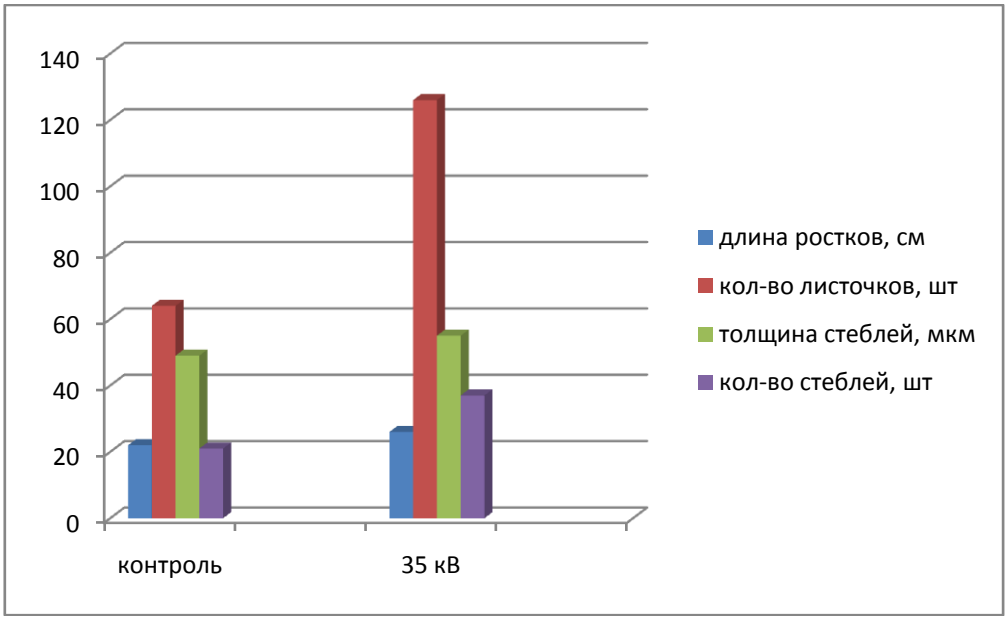


Рисунок 6 – Параметры роста картофеля на 13 день

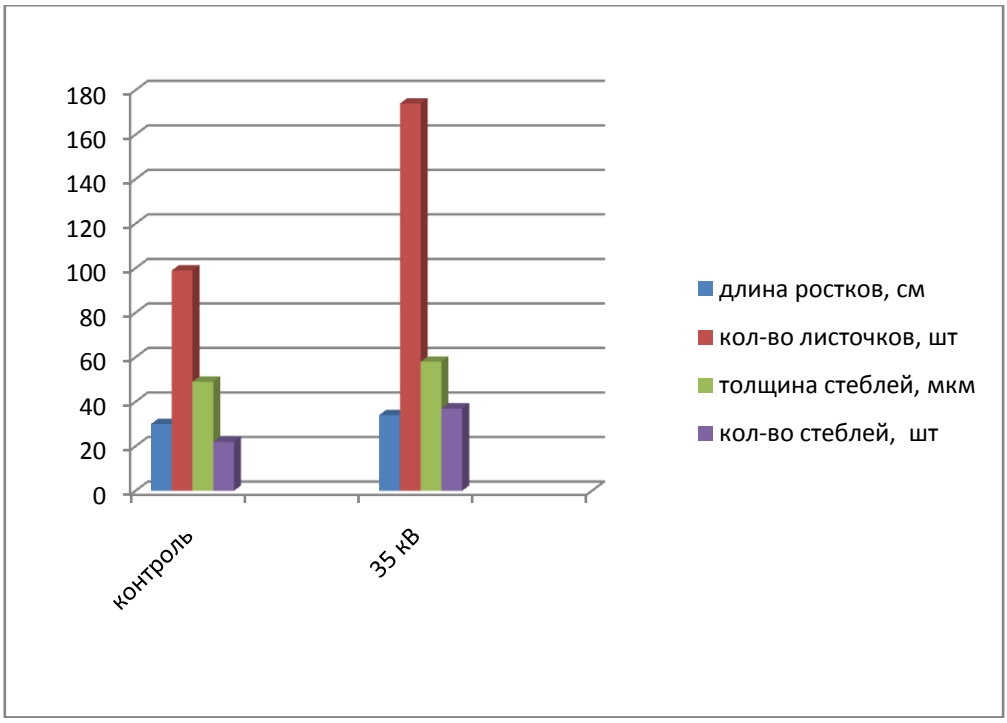


Рисунок 7 – Параметры роста картофеля на 18 день

Полевой опыт в 2015 г. проведен на супесчаной почве в условиях частного подсобного хозяйства на сорте картофеля «Синеглазка». На рисунке 8 показан внешний вид посадок картофеля.

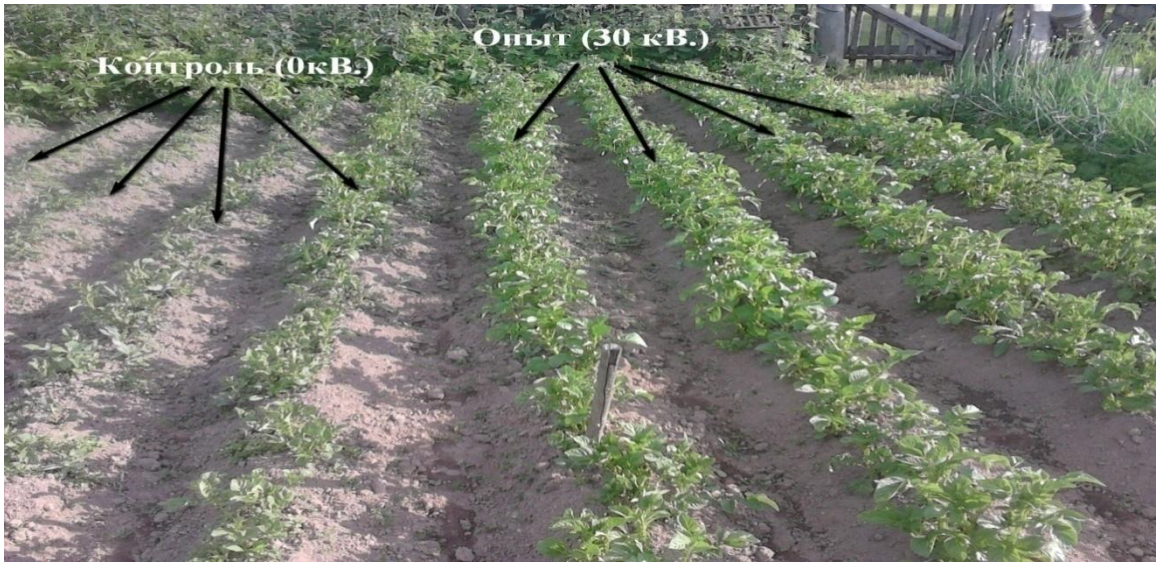


Рисунок 8 – Внешний вид посадок картофеля

Производственная проверка результатов опыта подтвердила лабораторные исследования и наглядно показала, что обработанный в концентрированном электрическом поле картофель растет интенсивнее, имеет боль-

шую листовую поверхность, более толстый стебель, что сказывается на товарном качестве картофеля.

В 2016 году полевой опыт был проведен на черноземной почве в условиях частного подсобного хозяйства Даниловского района Ярославской области. На рисунке 9 показан выращенный урожай 2016 года.

Опыт 30 кВ, 12 кг Контроль 0 кВ, 8 кг

Рисунок 9 – Выращенный урожай картофеля 2016 года

Выводы

Двухгодичные полевые и лабораторные исследования по предпосевной обработке клубней картофеля показали повторяемость результатов увеличения: всхожести на 14%, облиственности на 20%, объема корневой системы на 12%, объема стебля на 6%, урожайности на 30-35%.

СОДЕРЖАНИЕ

Бариль В.А. (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия) Система сбора метана в помещении животноводческой фермы и генерации возобновляемой электроэнергии 3

Бибик Г.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Оптимизация процесса сушки зерна 8

Бибик Г.А., Живодеров А.П. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Устройство контроля температуры зерна 12

Ерилин И.С., Тупикова К.М., Муртазаев Р.И. (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия) Исследование методов предотвращения нарушения динамической устойчивости на примере модели одномашинной электроэнергетической системы 15

Коняев Н.В., Прилуцкий И.А., Назаренко Ю.В., Блинков Б.С. (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Модернизация привода транспортера 19

Коняев Н.В., Руднев Д.И., Блинков Б.С., Степашов Р.В., Калуцкий Е.С. (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Применение электролитического железо-фосфорного сплава в ремонтном производстве 24

Коняев Н.В., Сараев И.Ф., Блинков Б.С., Назаренко Ю.В. (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Шнековый многокомпонентный дозатор 28

Коняев Н.В., Соин Д.В., Блинков Б.С., Назаренко Ю.В. (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Энергосбережение в системе освещения животноводческих помещений 33

Куртикова Е.Н. (ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь) Реализация резистивного заземления нейтрали в составе ячеек КРУ 38

Лазюк И.С. (ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь) Целесообразность применения СТК реактивной мощности на ОАО «БМЗ - УКХ БМК» 41

Медведев К.М., Пухальская О.Ю., Линбинь Дэн (ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь) Повышение надежности сельских распределительных электрических сетей с помощью технологии SMART GRID 44

Никитин А.В. (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия) Использование манхэттенского расстояния при проектировании и моделировании сельских электрических сетей 49

Орлов П.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Применение электротехнологий для профилактики аварий на подземных трубопроводах 54

Соцкая Е.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Обоснование применения энергоэффективных источников света – светодиодов 60

Степанов А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Вихревые теплогенераторы в системах теплоснабжения зданий и технологических процессах в сельском хозяйстве 63

Трубников В.Н., Коняев Н.В., Попов А.И., Блинков Б.С. (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Дробилка малой энергоемкости 66

Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Сравнительный анализ современных фильтрационных сушильных установок 71

Хан В.В. (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, Россия) Автоматизация управления сбором и сушкой метана в животноводческой ферме 78

Шмигель В.В., Егорычев В.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Инкубатор с ионизатором 83

Шмигель В.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА), **Еропкин П.Е.** (ФГБОУ ВО Костромская ГСХА) Очистка сточных вод животноводческих ферм озоном 89

Шмигель В.В., Скворцова Е.Г. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), **Кутина А.Д.** (АФ «Авангард», Ярославль, Россия) Выведение мальков осетра из икры в электростатическом поле 96

Шмигель В.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), **Скольнова Н.А.** (ООО «Центр обеспечения», Ярославль, Россия) Выгонка лука репчатого на перо в поле коронного разряда 100

Шмигель В.В., Соцкая Е.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Конструктивные особенности светодиодов 105

Шмигель В.В., Целиков З.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Электростимуляция клубней картофеля в электрическом поле 109

Научное издание

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК

Сборник научных статей по материалам
Международной научно-практической конференции

Ярославль, 2-3 ноября 2016 г.

Статьи публикуются в авторской редакции
Авторы несут ответственность за содержание публикаций

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская
Технический редактор Е.И. Кудрявцева
Художественный редактор Т.Н. Волкова
Редактор Е.А. Богословская

Подписано в печать 21.12.2016 г.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 500 экз. Заказ № 66.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

ISBN 978-5-98914-173-9

9 785989 141739