

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

# АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 3 (12), 2016г.

ОРЕЛ 2016

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – кандидат технических наук, доцент **А.В. Виноградов**  
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Рунов Борис Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Россельхозакадемии, главный научный сотрудник ГНУ «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека».

**Буяров Виктор Сергеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

**Васильев Алексей Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства».

**Южанинов Александр Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, директор по науке и инновационной деятельности ОАО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии».

**Олин Дмитрий Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

**Попов Николай Малафеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

**Шарунин Вадим Павлович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАЭН, директор НИПИ «Г радиоагрокопром».

**Черкасова Нина Ильинична**, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой электроэнергетики Рубцовского промышленного института Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

**Коношин Иван Вячеславович**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета агротехники и энергообеспечения ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

**Коломейченко Александр Викторович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

**Жосан Артур Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «ЭМТП и тракторы» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

**Кузнецов Юрий Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

**Богатырев Мухаммад Абдул-Муталипович**, первый заместитель Председателя Правительства Республики Ингушетия.

**Серебряков Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

**Осокин Владимир Леонидович**, кандидат технических наук, зав. кафедрой «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

**Шпиганович Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования ФГБОУ ВО «Ипещкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

**Гавриченко Александр Иванович**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАНЭБ.

ПЕРЕВОДЧИК – старший преподаватель **Н.В. Махьянова**

ПЕРЕВОДЧИК – кандидат филологических наук, доцент **Т.А. Кудинова**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – кандидат технических наук, доцент **Р.П. Беликов**

Зарегистрировано в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), номер свидетельства ПИ № ФС 77-57754, дата регистрации 18.04.2014.

Договор с РИИЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г.

ISSN 2410-5031

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Адрес издателя и редакции: 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

Тел.: 8(4862) 76-11-07

Адрес типографии, 302028, г. Орел, бульвар Победы, 19. ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. Тел.: 8(4862) 43-25-53

E-mail: winaleksandr@yandex.ru

Дата выхода журнала: 26.09.2016г.

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2016

Распространяется бесплатно.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ В АПК И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО  
РЕЖИМА ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ, УЧИТЫВАЮЩЕГО  
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА 5  
**Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая, А.С. Лещев, Р.Г.  
Большин**  
*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия*
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ  
ПРИ ПОСТАНОВКЕ СЕЛЬХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА  
ХРАНЕНИЕ 17  
**Е. Б. Миронов, А. Е. Крупин, А. Н. Шишарина**  
*ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-  
экономический университет»*
- МЕТОДИКА ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ДЕЗИНФЕКЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ 25  
**А.В. Архипцев, Д.Г. Гелетий**  
*Российский государственный аграрный университет —  
МСХА им. К. А. Тимирязева*
- ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
- ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА  
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ДРУГИХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ 34  
**Ю.М. Антонов**  
*Федеральное Государственное бюджетное научное  
учреждение Всероссийский научно-исследовательский  
институт электрификации сельского хозяйства РАН*

## МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДИСКОВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ЛЬНА 41  
**Фирсов А.С., Голубев В.В.**  
*ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА»*

## ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

- АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВУМЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ОТ ОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ 46  
**Б.И. Деулин**  
*ООО «Орбита», г. Орел*

- КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ПО ВЫБОРУ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 52  
**Виноградов А.В., Сняжков А.Н., Семенов А.Е.**  
*ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»*

- АВТОМАТИЗАЦИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЯХ ЛКИ-301 62  
**Б.И. Деулин**  
*ООО «Орбита», г. Орел*

- ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК И ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ 71  
**В.Н. Логачев, А.А. Измалков**  
*ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»*

УДК 631.528.63:581.132

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО  
РЕЖИМА ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ, УЧИТЫВАЮЩЕГО  
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА**

Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая, А.С. Лещев, Р.Г. Большин

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

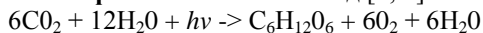
*Аннотация.* Изложено обоснование применения комбинированного режима облучения растений, учитывающего особенности процесса фотосинтеза, состоящего из темновых и световых стадий. При включении источников излучения только в световую стадию фотосинтеза происходит существенная экономия электрической энергии на цели освещения. Предлагаемый энергосберегающий комбинированный режим облучения, состоящий из комбинации импульсного и традиционного непрерывного способов облучения растений, позволяет повысить к.п.д. фотосинтеза.

*Ключевые слова:* фотосинтез, темновая и световая стадия фотосинтеза, к.п.д. фотосинтеза, непрерывное и импульсное облучение растений, комбинированный режим облучения растений, фотосинтетически активная радиация (ФАР), оптическое излучение, программируемые логические контроллеры (ПЛК).

**Введение.** Влияние оптического излучения на растения многосторонне. В основе всех фотобиологических процессов, происходящих под действием оптического излучения, лежат фотохимические реакции, которые протекают в клетках в результате поглощения ими солнечного излучения [1, 2]. Существует световая и темновая стадии фотосинтеза. Во время этих стадий в растениях протекают разные фотохимические реакции. Принимая во внимание наличие световых и темновых стадий фотосинтеза и их особенности можно подавать свет (оптическое излучение) импульсно, что позволит значительно сэкономить расходы электроэнергии на цели облучения.

К.А. Тимирязев подчеркивал, что важнейшая задача физиологии растений — найти пути для того, чтобы «вырастить два колоса там, где растет один» [3]. Для выполнения этой задачи необходимо научиться **управлять фотосинтетической деятельностью растений.**

Общее уравнение фотосинтеза имеет вид [1, 3]:



Весь кислород фотосинтеза выделяется из воды, которую в правой части уравнения нельзя сокращать, т. к. ее кислород имеет иной изотопный состав, чем кислород в  $\text{CO}_2$ . Анализ этого уравнения показывает, что фотосинтез — это окислительно-восстановительный процесс, в котором вода окисляется до  $\text{O}_2$ , а углекислый газ восстанавливается до углеводов.

У растений специальным органом фотосинтетической деятельности служит лист, где находятся специализированные структуры клетки — хлоропласты, содержащие пигменты и другие компоненты, необходимые для процессов поглощения и преобразования энергии света в химический потенциал.

Рисунок 1 иллюстрирует, что фоторецепторы растений обеспечивают поглощение энергии оптического излучения во всей области **фотосинтетически активной радиации** (ФАР). Из рисунка 1 видно, что листья растений поглощают видимое, а так же часть ультрафиолетового излучения и синтезируют органические вещества из минеральных в процессе фотосинтеза.

Растения имеют различные комбинации пигментов. Основными пигментами растений, обеспечивающими поглощение лучистой энергии и ее использование на построение биомассы, являются зеленые пигменты — хлорофиллы *a* и *b*. Менее эффективную роль в поглощении и преобразовании энергии при фотосинтезе играют желтые пигменты — каротиноиды. [1, 2].

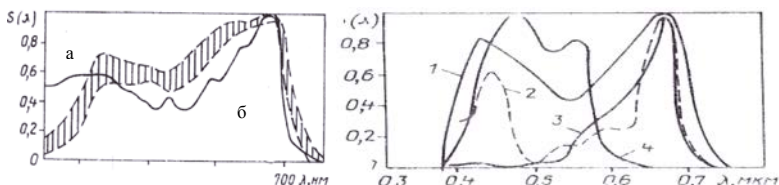


Рисунок 1 - Кривые спектральной эффективности фотосинтеза (а) и кривые спектральной эффективности различных функций растений (б)

а – усредненная по данным разных авторов;

б – по профессору Свентицкому И. И.

1 – фотосинтеза; 2 – хлорофиллосинтеза; 3 – фотоморфизма; 4 – фототропизма

Путь превращения энергии оптического излучения в процессе фотосинтеза в химическую энергию у всех видов растений одинаков:

за счет восстановления углекислого газа до углеводов энергия оптического излучения трансформируется в химическую энергию органических молекул. Конечными продуктами фотосинтеза являются различные органические вещества – углеводы, белки, жиры и т. д. оптическое излучение является источником энергии, углекислый газ – источником основного строительного материала растения, а вода – источником водорода при синтезе органических молекул (и кислорода – для атмосферы).

Накопление энергии в процессе фотосинтеза связано с химическими и электронными преобразованиями компонентов. В частности, происходит перестройка химических связей. Связи в молекулах разрываются, и возникает иной тип связей.

Фотосинтетическая деятельность растений зависит от многих факторов, прежде всего от условий освещения (интенсивность и спектральный состав), доступность и концентрация углекислого газа, условий водоснабжения и минерального питания. Факторы внешней среды приводят к изменению активности фотосинтетических процессов (воздействуя на отдельные реакции фотосинтеза), что, в конечном счете, определяет общую продуктивность растений [1, 2, 4].

Процесс фотосинтеза включает следующие этапы:

- 1) фотофизический;
- 2) фотохимический - световая стадия;
- 3) ферментативный - темновая стадия.

**Фотофизический этап фотосинтеза** заключается в поглощении кванта света атомом какого-либо вещества, что вызывает переход электрона на другую, более удаленную орбиталь, т. е. на более высокий энергетический уровень, т. к. чем дальше находится электрон от ядра атома, тем большей энергией он обладает. Все фотосинтезирующие организмы содержат какой-либо тип хлорофилла. Молекула хлорофилла имеет два уровня возбуждения, т. е. имеет две основные линии поглощения. Под влиянием сине-фиолетовых лучей электрон переходит на наиболее высокий энергетический уровень, не изменяет своего спина. Это второе возбужденное синглетное состояние (рис. 2). На первое возбужденное состояние электроны переходят, поглощая кванты красного света с меньшей энергией (рис. 2). При этом электрон меняет свой спин - триплетное состояние. В настоящее время показано, что хлорофилл имеет две функции — поглощение и передачу энергии. Подсчитано, что каждая молекула хлорофилла на прямом солнечном свету поглощает квант света не чаще чем 10 раз в секунду. В процессе фотосинтеза принимают участие две фотосистемы. Р. Эмерсон показал, что эффективность света с длиной волны 680—700 нм может быть значительно повышена добавлением света с более короткой длиной волны 650—660 нм.



Рисунок 2 - Переходы между возбужденными состояниями хлорофилла после поглощения квантов синего и красного света по Э. Либберту

**синглетное** - состояние, при котором электрон не меняет своего спина; **триpletное** - состояние, при котором электрон меняет свой спин

Таким образом, интенсивность фотосинтеза при освещении смешанным светом (с двумя длинами волн) оказалась выше суммы интенсивностей фотосинтеза, наблюдаемой при освещении светом каждой длины волны в отдельности. Таким образом, для повышения интенсивности фотосинтеза необходимо **одновременное** световое возбуждение пигментов, различающихся по спектру поглощения. Это явление называют эффектом усиления или эффектом Эмерсона [5]. Исследования других ученых также подтвердили, хлорофилл поглощает излучение в основном в фиолетовой и красной областях спектра зоны ФАР, а каротиноиды - в синей области спектра [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Поэтому в зависимости от процентного содержания того или иного пигмента, разные растения имеют разную спектральную характеристику чувствительности к световому воздействию (рисунок 1).

**Фотохимический этап – световая стадия фотосинтеза (происхождение кислорода, водорода и запасанием энергии).** В 1937 г. Р. Хилл показал, в процессе фотосинтеза происходит разложение воды, на что затрачивается энергия света [2]. При фотохимических реакциях фотосинтеза энергия света преобразуется в энергию химических связей, и в первую очередь в энергию фосфорных связей аденинтрифосфорной кислоты (АТФ), именно которая



обеспечивает протекание всех реакций, в том числе разложение воды и выделение кислорода. Продукты, получаемые в световую фазу фотосинтеза, в которых аккумулирована энергия света, далее используются в темновую фазу, в ходе которой  $\text{CO}_2$  восстанавливается до углеводов.

**Ферментативный этап - темновая стадия фотосинтеза (превращение углерода).** Темновая фаза фотосинтеза — это совокупность биохимических реакций, в результате которых происходит усвоение растениями углекислого газа атмосферы ( $\text{CO}_2$ ) и образование углеводов.

Исследования ученых Блэкмана, Эмерсона, Арнольда, Р. Меккеля, Рихтера, а позднее Л.Г. Прищепа, В.А. Козинского, О.И. Кузнецова, К.С. Битарова, Б.В. Коржа, Н.П. Кондратьевой показали, что при импульсном облучении значительно сокращается расход электрической энергии при сохранении количества и качества конечных продуктов. Кроме этого, было доказано, что при импульсом облучении повышается к.п.д. фотосинтеза за счет того, что при непрерывном облучении молекулы хлорофилла поглощают фотоны и передают их энергию на осуществление последующих темновых ферментативных реакций. Во время этих темновых реакций часть энергии фотонов преобразуется в тепло и не успевает полезно использоваться [15, 16]. При импульсном облучении за время световой вспышки  $t_c$  молекулы хлорофилла поглощают фотоны, энергия которых полностью используется в ферментативных реакциях последующего темнового периода  $t_T$ . Поэтому к началу новой световой вспышки молекулы хлорофилла готовы снова принять порцию квантов, энергия которых будет использована полностью в последующий темновой период. Поэтому интенсивность фотосинтеза в период вспышки в 1,3...1,8 раз выше, чем при непрерывном облучении [5, 15, 16].

Глубокие исследования по влиянию импульсного облучения растений проводились во Всесоюзном институте растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР) Коржом Б.В. [16]. По результатам его исследований наиболее приемлемым для большинства растений является импульсный режим с параметрами:  $t_{\text{СВЕТ}} = 0,5 \dots 0,6 \text{ с}$ ,  $t_{\text{ТЕМН}} = 1,0 \text{ с}$ . Не все растения могут длительно переносить импульсное облучение, т. к. при этом наблюдается недостаточное синтезирование основного энергоносителя аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая осуществляет дальнейший перенос энергии и аккумуляцию ее в фотосинтетических центрах. Для того, чтобы АТФ генерировалась в необходимом количестве Корж Б.В. предложил чередовать 30-ти секундное импульсное облучение с 15-ти секундным непрерывным облучением. Благодаря сочетанию импульсного и

непрерывного облучения этот режим был назван комбинированным (рис. 3).

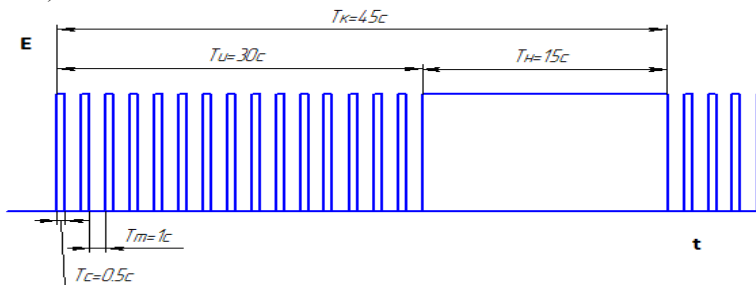


Рисунок 3 - График комбинированного режима облучения  
 $T_C$  – длительность импульса излучения;  $T_T$  – длительность темновой паузы;  $\tau_{II}$  – длительность импульсного облучения;  $\tau_H$  – длительность непрерывного облучения;  $T_K$  – период комбинированного режима облучения.

Комбинированный режим с такими параметрами использовался Большиной Н.П. при выращивании меристемной ремонтантной гвоздики [5]. В качестве источников использовались люминесцентные лампы низкого давления мощностью 40 Вт, включенные по схеме мгновенного зажигания, предложенной профессором Козинским В.А. [15].

Опираясь на все выше сказанное, мы планируем проводить наши исследования на растениях *in vitro*. Анализ специальной литературы показал, что положительное воздействие от импульсного излучения было получено при выращивании различных растений [5, 15, 16]. Возможность реализации комбинированного режима облучения осуществлялась на разрядных лампах как низкого, так и высокого давления [5, 15, 16]. В качестве источников излучения использовались люминесцентные лампы, работающие в комбинированном режиме. Использование комбинированного режима позволило сократить сроки потребления электроэнергии на 15...20%. Неравномерное потребление электрической энергии в сети приводит к снижению коэффициента мощности [5, 15]. При этом показатели качества электроэнергии могут ухудшаться [17, 18, 19]. Для того, чтобы этого не допустить, необходимо разработать соответствующие технические решения, способствующие повышению коэффициента мощности до его максимального значения [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]. Для реализации комбинированного режима облучения необходимо использовать светодиоды, на срок службы которых частая их

коммутация не оказывает влияние [27, 28]. Для технической реализации комбинированного режима необходимо разработать алгоритм работы светодиодных фитоустановок, для управления которыми целесообразно использовать программируемые логические контроллеры (ПЛК) [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

### **Выводы**

1. Существует световая и темновая стадии фотосинтеза. Принимая это обстоятельство во внимание, предлагается комбинированный режим облучения растений.

2. Для реализации комбинированного режима облучения необходимо использовать светодиоды, на срок службы которых частая их коммутация не оказывает влияние.

3. Для технической реализации комбинированного режима необходимо разработать алгоритм работы светодиодных фитоустановок, для управления которыми целесообразно использовать программируемые логические контроллеры (ПЛК).

4. Непостоянное потребление электроэнергии приводит к снижению коэффициента мощности. Поэтому необходимо предложить инженерные решения для повышения коэффициента мощности светодиодных фитоустановок, работающих в комбинированном режиме.

### **Список использованных источников:**

1. Физиология растений. Режим доступа: <http://fizrast.ru/fotosintez/dnevnoy-fotosintez.html>

2. Хлорофилл и другие пигменты. Режим доступа: <http://msd.com.ua/fizika-zhivnennykh-processov/xlorofill-i-druhie-pigmenty/>

3. Тимирязев К. А. Космическая роль растений. / В сб. Солнце, жизнь и хлорофилл // Москва – Петроград: Госиздат. – 1923 г. – 324 с

4. Кондратьева Н.П., Моделирование процесса депонирования углерода однолетними и многолетними растениями. / Кондратьева Н.П., Корепанов Д.А // монография / Н. П. Кондратьева, Д. А. Корепанов ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Ижевская гос. с.-х. акад.". Ижевск, 2008/

5. Большая Н.П Облучательные установки с газоразрядными лампами в промышленном цветоводстве // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 . – Москва:МИИСП. – 1985. 178 с.

6. Большин Р.Г. Повышение эффективности облучения меристемных растений картофеля светодиодными (LED) фитоустановками // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 . – Москва:

ФГБГУ ФИЭСХ. -2016. – 178 с.

7. Кондратьева Н.П., Всхожесть семян клюквы болотной при использовании разных спектров фотосинтетической радиации / Корепанов Д.А., Кондратьева Н.П., Чиркова Н.М. // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (32). С. 82-83.

8. Кондратьева Н.П., Результаты опытов по выращиванию тепличной рассады томатов сорта «Красная стрела» при облучении разными лампами при различном значении облученности / Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. // В сборнике: Актуальные проблемы аграрного сектора труды научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; научный редактор В.Д. Хромченков. 1997. С. 21-22.

9. Кондратьева Н.П., Перспективные источники излучения для промышленного цветоводства / Кондратьева Н.П., Райков Н.И., Синицкий И.Г // В сборнике: Электрификация стационарных технологических процессов сельскохозяйственного производства Нечерноземья сборник научных трудов. Горьковский сельскохозяйственный институт. 1990. С. 29-32.

10. Кондратьева Н.П. Обоснование замены ламп ДРЛФ-400 на REFLUX – 350 в хозяйствах защищенного грунта / Кондратьева Н.П., Фокин В.В., Коломиец А.П., Владыкин И.Р // В сборнике: РГАЗУ - агропромышленному комплексу сборник научных трудов: в 2-х частях. Российский государственный аграрный заочный университет; ответственный редактор А. П. Примак. Москва, 2000. С. 258-259.

11. Кондратьева Н.П. Модернизация облучательных установок лампами REFLUX-350 / Коломиец А.П., Фокин В.В., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. // В сборнике: Материалы XX научно-практической конференции Ижевской государственной сельскохозяйственной академии Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; научный редактор И. Ш. Фатыхов. 2000. С. 168-169.

12. Кондратьева Н.П., Результаты опытов по светокультуре гвоздики ремонтантной / Кондратьева Н.П., Фомин Е.М. // В сборнике: Электрификация технологических процессов животноводства и растениеводства Нечерноземья и их энергообеспеченность / сборник научных трудов. Горьковский сельскохозяйственный институт. 1990. С. 36-40.

13. Кондратьева Н.П. Расчет облучательных установок в цветоводстве / Кондратьева Н.П., Козинский В.А. // Светотехника. 1983. № 9. С. 5-6.

14. Большина Н.П О правильном использовании

высокоинтенсивных источников излучения в промышленном цветоводстве / Большая Н.П. // В сборнике: Повышение качества электрификации сельскохозяйственного производства и его электроснабжения Труды Московского института инженеров сельскохозяйственного производства. Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства; главный научный редактор С.С. Некрасов. Москва, 1981. С. 61-63

15. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение. -М.: Агропромиздат, 1991.

16. Корж Б.В. Использование коротких серий импульсного освещения для изучения процесса фотосинтеза дыхания растений на свету. Дисс. на соик. уч. ст. канд. биол. Наук. – Л.: 1976, 134с.

17. Кондратьева Н.П., Реализация комбинированного режима облучения растений разрядными лампами / Кондратьева Н.П., Козырева Е.А., Кондратьев Р.Г. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 10. С. 28.

18. Кондратьева Н.П., Работа натриевых ламп высокого давления с пускорегулирующими аппаратами от ламп типа ДРЛ / Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. // В сборнике: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве труды 4-й Международной научно-технической конференции: в 4 частях. Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия, Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства. 2004. С. 234-236

19. Кондратьева Н.П., Комбинированному режиму облучения тепличных растений – инженерные разработки / Кондратьева Н.П., Козырева Е.А., Кондратьев Р.Г. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 6. С. 4-5.

20. Кондратьева Н.П., Коэффициент мощности облучательных установок с разрядными лампами, работающими в комбинированном режиме / Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. // В сборнике: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве труды 4-й Международной научно-технической конференции: в 4 частях. Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия, Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства. 2004. С. 237-241.

21. Кондратьева, Н.П. Обоснование разработки инженерных решений для реализации комбинированного режима облучения растений / Кондратьева Н.П., Козырева Е.А. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. №5. С. 17-18.

22. Кондратьева Н.П., Энергосберегающее электрооборудование с использованием светодиодных технологий в защищенном грунте / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. //Иновации в

сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 26-28.

23. Кондратьева Н.П. Качество электрической энергии, проблема «последней мили» / Кондратьева Н.П., Фокин В.В., Бекмачев А.Е. // В сборнике: Актуальные проблемы электромеханизации производственных процессов в АПК Удмуртской Республики и пути их решения в условиях современной рыночной экономики Труды научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2001. С. 27-30.

24. Кондратьева Н.П., Способы плавной коммутации нагрузки в сетях переменного тока / Кондратьева Н.П., Фокин В.В., Бекмачев А.Е. // В сборнике: Электропривод и энергосберегающие технологии труды научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; редколлегия: В. В. Фокин, В. А. Жигалов, Н. П. Кондратьева. 2000. С. 12-18.

25. Кондратьева Н.П. Выбор электродвигателей, аппаратуры управления и защиты электрических установок / Кондратьева Н.П. // Учебное пособие для вузов по специальности 311300 и 311400 / Ижевск, 2003.

26. Кондратьева Н.П. Обеспечение режимов искусственного облучения растений / Кондратьева Н.П., Овчукова С.А., Козинский В.А. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1984. № 10. С. 55-57.

27. Kondratieva N.P. Progressive electric equipment and electroechnologies for the protected soil / Kondratieva N.P., Krasnolutskaya M.G., Bolshin R.G. // Asian Journal of Scientific and Educational Research. 2015. Т. II. № 1 (17). С. 848-852.

28. Kondratieva N., Energy –saving equipment: RGB electroechnologies and ultra-violet LEDs for protected soil / Kondratieva N., Litvinova V., Bolshin R., Krasnolutskaya M. // Yale review of education and science. 2015. Т. V. № 1 (16). С. 758-761

29. Кондратьева Н.П., Сегодняшний день новых информационных технологий в сельскохозяйственном производстве / Жигалов В.А., Кондратьева Н.П., Фокин В.В., Хорьков С.А., Юран С.И. // В сборнике: Организация самостоятельной работы студентов материалы X Научно-методической конференции профессорско-преподавательского коллектива. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 1999. С. 17-19.

30. Кондратьева Н.П., Компьютерная грамотность для руководителей и специалистов / Фокин В.В., Жигалов В.А., Кондратьева Н.П., Хорьков С.А., Юран С.И. // В сборнике: Организация самостоятельной работы студентов материалы X Научно-методической конференции профессорско-преподавательского

коллектива. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 1999. С. 49-51.

31. Кондратьева Н.П. Возможность использования систем автоматического управления освещением в длинном коридоре / Баранова И.А., Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Коростелёв Д.В. // В книге: Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2016. С. 10-12

32. Кондратьева Н.П. Прогрессивные электротехнологии и электрооборудование / Кондратьева Н.П., Юран С.И., Владыкин И.Р., Баранова И.А., Козырева Е.А., Баженов В.А. // Вестник НГИЭИ. 2016. № 2 (57). С. 49-57.

33. Кондратьева Н.П. Разработка программы управления ПЛК для регулирования параметров микроклимата на предприятиях АПК / Кондратьева Н.П., Широбокова Т.А., Ильясов И.Р. // В сборнике: Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 197-199.

34. Kondrateva N.P. Energiesparende Elektrotechnologie mit Nutzung von RGB-Leds für die meristem Pflanzen / Kondrateva N.P., Filatova O.M., Bolshin R.G., Krasnolutsckaya M.G. // В сборнике: Applied Sciences and technologies in the United States and Europe papers of the 1st International Scientific Conference. edited by Ludwig Siebenberg; technical editor: Peter Meyer. 2015. С. 50-52.

35. Кондратьева Н.П. Обоснование освоения языков программирования при разработке автоматизированных систем для реализации инновационных электротехнологий на предприятиях АПК / Соколов М.Г., Кондратьева Н.П. // В сборнике: Инновационные электротехнологии и электрооборудование - предприятиям АПК материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 35-летию факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства, 20 апреля 2012 г.. ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. 2012. С. 68-71.

*Надежда Петровна Кондратьева, доктор технических наук, профессор, Мария Геннадьевна Краснолуцкая, аспирант, Алексей Сергеевич Лещев, аспирант, Роман Геннадьевич Большин, инженер, aer\_isha@mail.ru, Россия, Удмуртская Республика, Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная*

## JUSTIFICATION OF APPLICATION OF THE COMBINED MODE OF THE RADIATION OF PLANTS CONSIDERING FEATURES OF PROCESS OF PHOTOSYNTHESIS

Kondrateva N. P., Krasnolutskaya M. G., Leshchev A. S., Bolshin R. G.

Abstract. Justification of application of the combined mode of the radiation of plants considering features of process of the photosynthesis consisting of dark and light stages is stated. At switching on radiation sources only in a light stage of photosynthesis there is an essential economy of electric energy on the lighting purpose. The suggested energy saving energy efficient combined radiation mode consisting of a combination of pulse and traditional ways of continuous radiation of plants allows to raise coefficient of performance (COP) of photosynthesis.

Keywords: photosynthesis, tempo and luminous stage of a photosynthesis, coefficient of performance (COP) of photosynthesis, radiation of plants, the continuous and impulse radiation of plants, combined mode of radiation of plants, photosynthetic active radiation (PAR), optical radiation, programmable logic controllers (PLC).

*Nadezhda Petrovna Kondrateva N.P., Doctor of Technical Science, Professor, Krasnolutskaya M.G., graduate student, Leshchev A.S. , graduate student, Bolshin R.G., engineer, aep\_isha@mail.ru, Russia, Udmurt Republic, Izhevsk, Izhevskaya State Agricultural Academy.*



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ПОСТАНОВКЕ СЕЛЬХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ХРАНЕНИЕ

Е. Б. Миронов, А. Е. Крупин, А. Н. Шишарина

ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-  
экономический университет»

*Аннотация. В связи с поступлением в сельскохозяйственные организации дорогостоящей техники особо острой задачей становится ее поддержание в работоспособном состоянии в период хранения. Одним из значимых этапов при консервации техники является сушка ее рабочих поверхностей. В статье дается оценка современному оборудованию для ускоренной сушки, а также предлагается повысить эффективность этого процесса на постах консервации путем установки приточно-вытяжных установок с рекуператором тепла.*

*Ключевые слова: сушка, теплообменник грунтовой, техника сельскохозяйственная, установка приточно-вытяжная, хранение.*

**Введение.** При эксплуатации и хранении сельскохозяйственной техники основными местами локализации коррозионных повреждений являются стыковые, болтовые и сварочные соединения [1, 2]. Влага, попадая на поверхность машины, с легкостью проникает в зазоры и трещины стыковых и сварных соединений и удерживается в них длительное время, что приводит к возникновению в них растущих очагов коррозионного поражения. Со временем лакокрасочное покрытие начинает набухать, отслаиваться и становится проницаемым. Агрессивное действие влаги внутри щелей и зазоров, основная причина возникновения электрохимической коррозии [3, 4].

Глубина поражений коррозией отдельных деталей может достигать катастрофических величин и составлять до 0,02...0,07 мм за год, а рабочих органов и опорных частей, соприкасающихся с почвой, на глубину до 0,12...0,14 мм [5], что приводит к появлению усталостных трещин, зарождению разрушений особенно в зоне сварных соединений.

Даже при использовании крытых навесов при длительном хранении (рисунок 1 а, б) рабочие органы сельскохозяйственной техники и ее рабочие поверхности подвергаются воздействию электрохимической коррозии. Поэтому одним из путей

предотвращения ее развития является обеспечение качественного нанесения различных противокоррозионных составов [6].

**Исследования и цели работы, направленные на достижение новых знаний.** В работе [5] приводится деление производственного процесса постановки техники на хранение на три этапа: подготовительный (организуется выбор, приобретение и подготовка необходимых материалов, технических и энергетических ресурсов), очистку и мойку, и этап консервации. При этом указывается, что за счет качественного проведения этапа очистки и мойки, например при обслуживании туковысевающих аппаратов площадь коррозионных поражений металла и разрушений лакокрасочных покрытий через 7 месяцев хранения снизились до 20% в сравнении с вариантом «без обслуживания», а с применением защитных консервационных покрытий повреждения практически не обнаруживались.



*а*

*б*

Рисунок 1 – Хранение техники под навесом в ОАО «Нива»  
Лысковского района Нижегородской области

Следует отметить, что между этапами мойки и консервации обязательно проводится процесс сушки техники по возможности до максимально полного испарения влаги. В связи с этим мойку рекомендуется проводить в сухие и солнечные дни, что является недопустимым, например, при массовой постановке техники на хранение или в связи со смещением выполнения различных сельскохозяйственных работ, когда велика вероятность затяжных дождей. Таким образом, высохшие машины повторно могут быть смочены осадками во время ожидания консервации на открытых

площадках хранения.

Поэтому разработка методов и средств ускоренной сушки сельскохозяйственной техники при постановке на хранение является актуальной задачей с практической точки зрения.

**Оценка оборудования для ускоренной сушки сельскохозяйственной техники.** В настоящее время используют два вида сушки: инфракрасную и конвективную сушка.



Рисунок 2 –  
Инфракрасная сушка  
Trommelberg



Рисунок 3 – Переносная  
тепловая пушка «Зубр»

*Инфракрасная сушка* (рисунок 2), активно применяется в автосервисах и ремонтных мастерских при нанесении или восстановлении поврежденных лакокрасочных покрытий. Основными преимуществами данных установок являются: мобильность, высокая скорость нагрева, равномерное распределение теплового потока и как следствие равномерный прогрев объекта, а наличие таймера позволяет не только запрограммировать время ее работы, но и позволяет персоналу выполнять одновременно несколько видов работ. Главным же недостатком использования данных установок является высокие энергозатраты, а также их низкая эффективность при сушке скрытых полостей или труднодоступных мест.

*Конвективная сушка* сельскохозяйственной техники осуществляется, как правило, или тепловой пушкой (рисунок 3), или обдувочным краном посредством шланга, соединенного с компрессором.

При использовании данного оборудования конвективная сушка, по сравнению с инфракрасной, позволяет за счет высокого давления воздуха быстрее вытеснять влагу из зазоров и щелей. Несмотря на это тепловые пушки требуют постоянного присутствия рабочего, который должен направлять горячий воздух из одной зоны объекта на другую, в противном случае пушка будет обдувать уже

высушенную поверхность, вследствие чего эффективность ее работы будет снижаться. Применение компрессора с обдувочным шлангом является самым простым решением, но в тоже время за счет низкой производительности возможность использования данного метода зачастую бывает нецелесообразной.

**Результаты и обсуждение.** В работе [7] указывается, что качество и скорость сушки зависят и от влажности воздуха, и чем она ниже, тем быстрее испаряется вода и высыхает поверхность. В неветилируемом помещении испарившаяся вода способствует повышению относительной влажности окружающего воздуха и на поверхности машины возможна конденсация воды. Автор отмечает, что дополнительное разрежение, создаваемое в помещении вытяжной вентиляцией, благоприятствует снижению влажности и как следствие сушке машины:

$$\psi = 100(P - \Delta P)P_0 = \psi_n - \Delta\psi, \quad (1)$$

где:  $\psi$  – влажность воздуха в вентилируемом помещении, %;

$\psi_n$  – влажность воздуха в неветилируемом помещении, %;

$\Delta\psi$  – величина уменьшения относительной влажности воздуха за счет разрежения от вытяжной вентиляции, %;

Таким образом, применение одного из видов сушки и эффективной вентиляции позволит снизить время и общие энергозатраты, а также повысить качество консервации.

Для повышения эффективности вентиляции на постах консервации предлагается использовать приточно-вытяжные установки (ПВУ) [8, 9] совмещенные с грунтовым теплообменником (рисунок 4). Проведенная сравнительная оценка [10] показала, что существенное преимущество имеют системы ПВУ, в конструкцию которых входит рекуператор, обеспечивающий максимальную теплопередачу между приточным и отработанным потоками воздуха. Кроме того, встроенный электронагреватель позволяет подогреть входящий воздух до заданной температуры.

Данное решение позволит не только переработать, обезвредить и заменить на новый весь находящийся в помещении воздух, перенасыщенный химическими продуктами, летучими соединениями консервационных материалов и т. д., но и сохранить при этом здоровый микроклимат на poste консервации, а также обеспечить наилучшие условия для консервации техники.

Процесс работы ПВУ с грунтовым теплообменником и рекуператором теплоты (рисунок 4) в процессе консервации техники поздней осенью заключается в следующем: воздух, проходя через

воздухозаборник 1, фильтруется, движется по воздуховоду 16 и нагревается, далее проходит по вентиляционной шахте 13. На входе в пластинчатый рекуператор 9 воздух снова фильтруется, проходит в теплообменник и, если требуется, подогревается до установленной автоматикой 6 температуры электрическим ТЭНом 5. Нагретый воздух поступает через потолочные диффузоры 7 в помещение. Автоматика приточно-вытяжной установки управляет насосом 14 в ревизионном колодце 15, регулирует воздушный поток вентиляторами 4 и ТЭНом на подогрев.

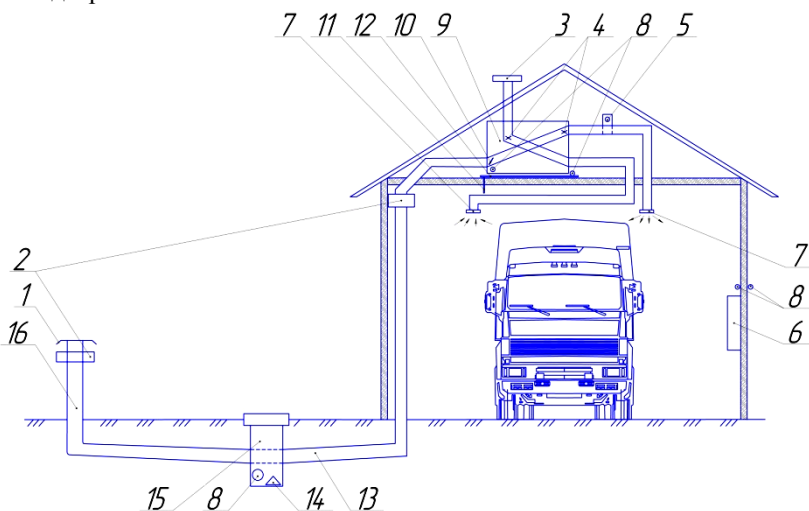


Рисунок 4 – Схема применения ПВУ и грунтового теплообменника:

1 – воздухозаборник; 2 – фильтры; 3 – дождевая решетка; 4 – вентиляторы; 5 – ТЭНы; 6 – автоматика управления приточно-вытяжной установкой; 7 – потолочные диффузоры; 8 – датчики температуры; 9 – пластинчатый рекуператор; 10 – заслонка; 11 – отвод конденсата; 12 – поддон; 13 – вентиляционная шахта; 14 – насос; 15 – ревизионный колодец; 16 – воздуховод

Также есть шесть датчиков температуры 8: аварийный (внутри пластинчатого рекуператора, который ограничивает приток, закрывая или открывая заслонку 10); после ТЭНа, считывающий показания нагрева воздуха; два датчика вне и внутри помещения для регулирования режимов работы ПВУ в зависимости от температуры окружающей среды; два датчика уровня жидкости в ревизионном колодце и в поддоне 12 пластинчатого рекуператора. Удаляемый воздух проходит на улицу по трубе, защищенной дождевой решеткой

3.

Предварительные экономические расчеты показывают, что при создании системы ПВУ с грунтовым теплообменником для поста консервации площадью до 100 м<sup>2</sup> потребуются капитальные вложения в размере от 150 до 200 тыс. руб. Однако, в настоящее время, достаточно сложно спрогнозировать экономический эффект от предлагаемых мероприятий, т.к. на процесс сушки влияет множество факторов: температура и влажность окружающего воздуха, вид и размеры сельскохозяйственной техники, состояние поверхностей ее рабочих органов и многое другое.

Дальнейшим продолжением данной работы будет являться определение влияния данных факторов на процесс сушки с использованием ПВУ.

**Выводы.** В связи с поступлением в сельскохозяйственные организации дорогостоящей техники особо острой задачей становится ее поддержание в работоспособном состоянии в период всего срока ее эксплуатации. Наиболее часто для решения данной задачи используют широкий комплекс противокоррозионных мероприятий, в частности, нанесение на поверхности машин различных противокоррозионных составов. Технология их нанесения предусматривает тщательную сушку рабочих поверхностей техники после очистки и мойки, что не всегда возможно, учитывая высокую вероятность выпадения осадков в осенний период времени. Поэтому наиболее эффективным решением является создание специализированных постов консервации с эффективной системой вентиляции, включающей ПВУ с рекуператором и грунтовой теплообменник. Однако для применения этого технического решения и для обоснования режимов работы ПВУ, обеспечения наилучших условий работы персонала и уменьшения затрат на консервацию техники требуется разработать методику, подобрать приборы и провести эксперименты по выявлению зависимостей процесса сушки от различных факторов.

#### **Список использованных источников:**

1. Латышенко, М. Б. Обоснование ресурсосберегающих технологических приемов и разработка средств механизации для подготовки сельскохозяйственной техники к длительному хранению [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01, 05.20.03 / Латышенко Михаил Борисович. – Рязань, 1999. – 332 с.

2. Миронов, Е. Б., Лисунов, Е. А., Гладцын, А. Ю. Процесс образования и развития электрохимической коррозии сельскохозяйственной техники. // Аграрный Вестник Верхневолжья. – 2015, №4. – С.49...52.

3. Северный, А. Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. / ГОСНИТИ. – М., 1993. – 233 с.

4. Шемякин, А. В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Шемякин Александр Владимирович. – Рязань, 2014. – 296 с.

5. Петрашев, А. И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А. И. Петрашев. – Тамбов, 2007. – 400 с.

6. Миронов, Е. Б., Маслов М. М., Тарукин, Е. М., Косолапов В. В. Состояние системы противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники в Нижегородской области. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2015, №12(134). – С.127...131.

7. Петрашев, А. И., Сазонов С. Н., Клепиков В. В. Использование сжатого воздуха для эффективной сушки сельхозмашин при подготовке к хранению. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014, №2. – С.50...57.

8. Миронов, Е. Б., Шишарина, А. Н. Грунтовый теплообменник с рекуперацией теплоты. // Сельский механизатор. – 2015, №14. – С.28...29.

9. Миронов, Е. Б., Шишарина, А. Н. Совершенствование условий хранения сельскохозяйственной техники с использованием приточно-вытяжной установки с рекуператором теплоты. // Вестник НГИЭИ. Серия технические науки. – 2015, №10(53). – С.27...31.

10. Миронов, Е. Б., Шишарина, А. Н. Анализ приточно-вытяжных установок с рекуперацией тепла. // Вестник НГИЭИ. Серия технические науки. – 2014, №12(43). – С.58...63.

*Евгений Борисович Миронов, кандидат технических наук, доцент, mirovov-e@mail.ru. Россия, Нижегородская область, г. Княгинино, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

*Александр Евгеньевич Крупин, кандидат технических наук, доцент, krupin-ngiei@mail.ru. Россия, Нижегородская область, г. Княгинино, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

*Анастасия Николаевна Шишарина, преподаватель, iustralisa@rambler.ru. Россия, Нижегородская область, г. Княгинино, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

## THE USE OF SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION WHEN PUTTING AGRICULTURAL MACHINERY IN STORAGE

Mironov E.B., Krupin A.E., Shisharina A.N.

**Abstract.** In connection with purchasing expensive equipment by agricultural organizations the most pressing task becomes its maintenance in a working condition during storage. One of the most important steps in preservation of technique is drying its working surfaces. The article gives the evaluation of the modern equipment for faster drying, and suggests to increase the effectiveness of this process at the conservation posts through the installation of supply and exhaust units with heat recuperator.

**Keywords:** drying, ground heat exchanger, agricultural machinery, installation of supply and exhaust units, storage.

*Eugeny Borisovich Mironov, Candidate of Technical Science, Associate professor, mironov-e@mail.ru. Russia, Nizhniy Novgorod area, Knyaginino, Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University*

*Alexander Eugenievich Krupin, Candidate of Technical Science Associate professor, krupin-ngiei@mail.ru. Russia, Nizhniy Novgorod area, Knyaginino, Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University*

*Anastasiya Nikolaevna Shisharina, teacher, lustralisa@rambler.ru. Russia, Nizhniy Novgorod area, Knyaginino, Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University*



## МЕТОДИКА ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

А.В. Архипцев, Д.Г. Гелетий

Российский государственный аграрный университет —  
МСХА им. К. А. Тимирязева

*Аннотация. При закупках нового оборудования для животноводческих предприятий имеются трудности при подборе оборудования под конкретно поставленные задачи. Очень важно правильно подобрать оборудование для дезинфекции, т.к. на сельскохозяйственных объектах и предприятиях пищевой промышленности, неотъемлемым условием производства высококачественной продукции является строгое соблюдение санитарных норм и правил. Для решения этой задачи была предложена методика подбора оборудования для аэрозольной обработки помещений (на примере генераторов тумана pulsFOG). Данный метод позволяет грамотно подобрать оборудование для аэрозольной дезинфекции животноводческих и птицеводческих помещений, а также для вакцинации животных и птиц.*

*Ключевые слова: подбор оборудования для дезинфекции, аэрозольная обработка, генераторы тумана.*

**Введение.** Для перехода к ресурсосберегающим технологиям и снижения производственных затрат на животноводческих предприятиях используют современную высокопроизводительное оборудование. [1, 2]. При закупках нового оборудования организации сталкиваются с трудностями при подборе оборудования под конкретно поставленные задачи.

Сельскохозяйственные предприятия отличаются значительными масштабами производства. В цепочке производства сельхозпродукции задействован широкий спектр технологического оборудования, отличающегося производительностью, назначением, конструкцией, страной изготовителем и т.д. Формируя комплект оборудования для конкретного производства, возникает проблема определения критериев оптимальности и методики подбора.

Одним из факторов, который влияет на подбор оборудования, является информация, полученная при коммуникативном взаимодействии с продавцами, которая не всегда достоверна. [3].

При этом зачастую не принимаются во внимание факторы,

имеющие значение для поддержания и повышения экономической эффективности предприятия: технические характеристики и условия эксплуатации приобретаемого оборудования.

Если новое оборудование не эксплуатируется, оно не окупается, простаивает, а сама технология может и устаревать. Если не учитывать технические характеристики и условия эксплуатации выбираемого оборудования, можно получить в итоге нежелательные результаты: повышение расхода топлива, электроэнергии, сырья. Также возможен преждевременный выход оборудования из строя.

**Разработка алгоритма выбора оборудования на примере генератора тумана.** На сельскохозяйственных объектах и предприятиях пищевой промышленности неотъемлемым условием производства высококачественной продукции является строгое соблюдение санитарных норм и правил, в том числе регламентирующих микробиологическую ситуацию на предприятии. И одним из основных средств обеспечения норм в этой части является проведение дезинфекции. Характерным примером являются животноводческие предприятия. Здесь дезинфекция, в отличие от других узконаправленных мероприятий (обработка антибиотиками, вакцинация), направлена против всех патогенных или условно патогенных микроорганизмов. То есть, качественная дезинфекция – важный этап защиты от патогенной и условно патогенной микрофлоры. [4, 5]

Дезинфекция должна предотвратить (или снизить до безвредного уровня) следующие постоянные угрозы перехода патогенных микроорганизмов:

- от внешнего мира в собственное хозяйство;
- от старых животных к молодым (вертикальная передача);
- от одной группой животных к другой (горизонтальная передача);
- от больных животных к здоровым (инфекция). [6]

Одним из экономически оправданных способов дезинфекции в животноводстве является плановое применение аэрозолей различного назначения, что позволяет оптимизировать труд ветеринарных специалистов и уйти от трудоемких процессов подготовки помещений к приему новой партии животных, вакцинации большого поголовья животных, подготовки хранилищ кормов и транспортных средств.

Сущность дезинфекции аэрозолями заключается в том, что водные растворы химических препаратов с помощью специальных генераторов распыляются до туманообразного состояния - аэрозоля.

При использовании генераторов горячего и холодного тумана размер капель аэрозоля составляет 0,5-50 мкм, что позволяет

препарату проникать в мелкие отверстия, щели, а также обеспечивает обеззараживание воздуха помещения за счет нахождения препарата в воздухе в виде тумана.

Аэрозоли в животноводстве применяются не только для санитарной обработки помещений, транспортных средств и хранилищ кормов. При помощи современных генераторов холодного тумана проводят аэрозольную вакцинацию большого поголовья животных, достигая при этом снижая затраты самой вакцины.

Для изучения данной темы были проведены исследования по использованию генераторов тумана в животноводстве. Целью исследования является составление алгоритма подбора генераторов тумана для аэрозольной обработки помещений или животных.

При подборе оборудования для аэрозольной обработки необходимо учитывать, с какой целью проводится обработка (дезинфекция, вакцинация), каким препаратом и сколько рабочего раствора этого препарата необходимо. От этих параметров зависит тип выбираемого генератора – горячего или холодного тумана. Также необходимо учитывать какого типа объект обрабатывается – помещение или открытое пространство [7].

Принцип действия генераторов горячего тумана основан на термомеханическом туманообразовании – формировании мельчайших капель размером 1–50 мкм за счет тепловой энергии воздуха. Жидкость испаряется через трубу (резонатор) генератора тумана, на выходе пары смешиваются с холодным окружающим атмосферным воздухом и конденсируются, образуя сверхтонкий аэрозоль, который при распылении создает облако густого тумана. В животноводстве такие генераторы применяются для:

- заключительной аэрозольной обработки (дезинфекции, дезинсекции) пустых животноводческих помещений;
- для санитарного использования в подземных коммуникациях, для дезинфекции сточных вод и т.д.;
- дезинфекции, дезинсекции и дератизации помещений, оборудования для хранения и транспортировки (хранилища кормов, склады, транспортные средства).

В генераторах холодного тумана применяется диспергационный метод образования аэрозоля при помощи компрессора, который зачастую работает от электрического двигателя. Такие системы могут быть совмещены с системами водоиспарительного охлаждения и замачивания производственных помещений перед санитарной обработкой. [8, 9, 10, 11, 12]

Генераторы холодного тумана работают достаточно тихо, но обладают малой дальностью распыления, поэтому в промышленном животноводстве их используют для:

- аэрозольной обработки (дезинфекция, дезинсекция) помещений в присутствии животных;
- аэрозольной вакцинации и лечения животных;
- дезинфекции помещений, оборудования для хранения и транспортировки.

Для разработки алгоритма в качестве примера используется модельный ряд генераторов тумана фирмы pulsFOG (Германия).

Генераторы тумана можно классифицировать по нескольким категориям, а именно:

- а) По принципу образования тумана:
  - холодный туман;
  - горячий туман.
- б) По способу передвижения:
  - мобильные;
  - стационарные;
  - передвижные.
- в) По источнику энергии:
  - бензин;
  - электричество;
  - вал отбора мощности (ВОМ).
- г) По производительности (эффективной дальности распыления):
  - 25 м;
  - 50 м;
  - 100 м.
- д) По действующему веществу (ДВ):
  - термочувствительные ДВ;
  - горючие ДВ;
  - негорючие ДВ.

*Шаг 1 алгоритма. Определение назначения обработки.*

- Для аэрозольной вакцинации животных применяют генераторы холодного тумана, так как генераторы горячего тумана являются источниками шума (работа небольшого реактивного двигателя) (рис. 1).

- Для аэрозольной дезинфекции помещений (а также транспортных средств, хранилищ кормов и т.п.) и открытых пространств используют генераторы горячего тумана, т.к. они обладают более высокой производительностью, чем генераторы холодного тумана (рис. 2).



Рисунок 4 - Аэрозольная вакцинация птиц



Рисунок 5 - Аэрозольная дезинфекция помещения

### *Шаг 2 алгоритма. Выбор способа передвижения генератора*

Чем больше объем помещения, тем больше необходимо рабочего раствора для обработки, следовательно, лучше выбирать более производительные модели. Соответственно, для больших помещений лучше подбирать стационарные генераторы горячего тумана, которые можно передвигать в процессе заполнения помещения туманом (помещения для птиц при напольном содержании, откормочники для свиней) и которые обладают большими баками для рабочего раствора (рис. 3).

Для небольших помещений или помещений, где передвижение ограничено (птичники с клеточными батареями) рекомендуются мобильные генераторы горячего тумана. Также они обладают сравнительно небольшими баками для рабочего раствора (до 10 л) и для проведения обработки больших объемов придется несколько раз заполнять бак (рис. 4).



Рисунок 6 - Обработка помещения при помощи стационарного генератора горячего тумана



Рисунок 7 - Обработка при помощи мобильного генератора горячего тумана

*Шаг 3 алгоритма. Учет свойств действующего вещества*

Препараты для аэрозольной обработки могут отличаться температурой воспламенения и веществом, в котором их растворяют. В связи с этим у генераторов горячего тумана pulsFOG существуют 3 модификации моделей, которые различаются расположением форсунки для впрыска рабочего раствора относительно камеры сгорания. (рис. 5)

На рисунке представлены 3 варианта расположения форсунки.

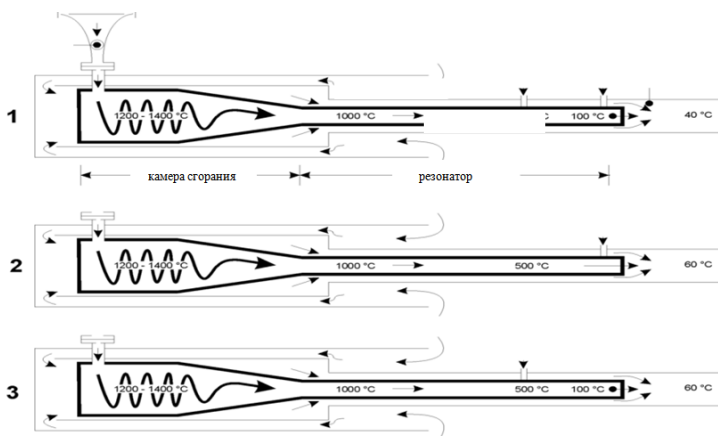


Рисунок 8 - Модификации генераторов горячего тумана: 1 – Для модификаций ВЮ; 2 - Для модификаций STD;3 - Для модификаций О.

Для модификаций ВЮ – в генераторе две форсунки: первая для впрыска воды ближе к камере сгорания с целью понижения температуры в трубе (резонаторе), вторая ближе к краю резонатора для впрыска термочувствительного препарата;

Для модификаций STD – для распыления водосодержащих невоспламеняющихся жидкостей, в т.ч. формалина и суспензий;

Для модификаций О – для распыления воспламеняющихся и невоспламеняющихся маслосодержащих жидкостей, но не суспензий.

Модификации генераторов горячего тумана pulsFOG:

– Модель SP (K-10-SP) - Рекомендован для распыления водо- и маслосодержащих горючих жидкостей, в том числе формалина. Удобный для применения в труднодоступных местах, где сложно использовать монтируемую технику.

– Модели (K-30-20-0)-Рекомендован для распыления водо- и маслосодержащих горючих жидкостей, в том числе формалина.

– Модели STD (K-22-STD)-Применяется для распыления негорючих (например, водорастворимых) туманообразующих композиций, в том числе смачиваемых порошков.

– Модели ВЮ (K-22-20-ВЮ)-Пригоден для распыления термочувствительных биологических или химических веществ. Образует туман из смачиваемых порошковых составов без закупоривания и засорения выхода резонатора. Оснащен воздушной мешалкой. Исключает опасность воспламенения горючих

туманообразующих жидкостей.

**Выводы.** В результате проведенных исследований был предложен алгоритм подбора оборудования для аэрозольной обработки помещений и животных (на примере генераторов тумана pulsFOG), учитывающий такие факторы, как назначение оборудования и объемы необходимой аэрозольной обработки. Данный алгоритм позволяет корректно подобрать оборудование для аэрозольной дезинфекции животноводческих и птицеводческих помещений, а также для вакцинации животных и птиц.

#### **Список использованных источников:**

1. Крохта М. Г., Стадник А. Т., Матвеев Д. М., Холодов П. П. Развитие консалтинговой деятельности в условиях технического переоснащения сельского хозяйства // Проблемы современной экономики: материалы II междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2012 г.). — Челябинск: Два комсомольца, 2012. — С. 27-31.

2. Курячий М.Г. Сравнительный анализ технологических решений на свиноводческих комплексах / Курячий М.Г., Игнаткин И.Ю., Ильин И.В. // Эффективное животноводство. 2015. № 12 (121). С. 36-38.

3. Чижов В. Н., Шеремет А. Н. Пути решения проблемы комплектования и выбора сельскохозяйственной техники // Вестник АГАУ. 2009. №12. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/puti-resheniya-problemy-komplektovaniya-i-vybora-selskohozyaystvennoy-tehniki> (дата обращения: 13.09.2016)

4. Игнаткин И.Ю. Курячий М.Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней // Вестник НГИЭИ. 2012. № 10 (17). С. 16-34.

5. Ильин И.В. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней / Ильин И.В., Игнаткин И.Ю., Курячий М.Г. // Эффективное животноводство. 2011. № 05-67. С. 30.

6. Компания РАБОС Интернешнл : [Сайт]. URL: [http://www.rabos.ru/upload/iblock/a64/06\\_Osobennosti\\_aerozolnoy\\_obrabotki.pdf](http://www.rabos.ru/upload/iblock/a64/06_Osobennosti_aerozolnoy_obrabotki.pdf) (дата обращения 14.09.16)

7. Компания PULSFOG : [Сайт]. URL:<http://www.pulsfog.de/livestock-hygiene-disinfection.html> (дата обращения 14.09.16)

8. Ильин И.В. Эффективные системы охлаждения для животноводства / И.В. Ильин, А.А. Пуган, М.Г. Курячий, И.Ю. Игнаткин // Техника и оборудование для села. 2015. № 1. С. 22-25.

9. Легостин С.С. Водоспарительный охладитель подвесной конструкции / С.С. Легостин, И.Ю. Игнаткин // Инновации в сельском



хозяйстве. 2014. №4 (9). С. 124-127.

10. Путан А.А. Сравнение перспективных систем охлаждения для животноводства / А.А. Путан, М.Г. Курячий, И.Ю. Игнаткин, А.М. Бондарев, А.В. Архипцев // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. №5 (10). С. 149-154.

11. Архипцев А.В. Эффективный охладитель новой конструкции для свиноводческих ферм / А.В. Архипцев, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Вестник НГИЭИ. 2013. № 8 (27). С. 3-9.

12. Казанцев С.П. Система микроклимата в свиноводстве с применением охладителей новой конструкции / Казанцев С.П., Игнаткин И.Ю. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 5. С. 18-20.

*Дарья Григорьевна Гелетий, магистрант, Александр Валерьевич Архипцев, кандидат технических наук, доцент, [sakurai14@list.ru](mailto:sakurai14@list.ru), Россия, Москва, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева*

## METHODS OF SELECTING EQUIPMENT FOR DISINFECTION IN ANIMAL BREEDING

D.G. Geletiy, A.V. Arhptsev

Abstract. The method of selecting equipment for the aerosol treatment facilities (for example, pulsFOG fog generators) was proposed. The proposed method allows to choose equipment for aerosol disinfection of livestock and poultry premises, as well as for vaccination of animals and birds wisely.

Keywords: equipment selection, disinfection, aerosol treatment, fog generators

*Daria Grigorevna Geletiy, Master, Alexander Valerievich Arhptsev, Candidate of Technical Science, Docent, [sakurai14@list.ru](mailto:sakurai14@list.ru), Russia, Moscow, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev*

УДК 631.22:621.31:631.171

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ДРУГИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ю.М. Антонов

Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации  
сельского хозяйства РАН

*Аннотация. Предложена энергосберегающая автономная система электро- и теплообеспечения животноводческих и других сельскохозяйственных объектов на основе термоэлектрического генератора на газовом топливе. Для снижения затрат органического топлива используются ветроэлектрическая установка и солнечные тепловые коллекторы. Новизна разработки защищена патентом Российской Федерации.*

*Ключевые слова: термоэлектрический генератор, солнечные коллекторы, сельскохозяйственные объекты, автономные системы.*

**Введение.** Небольшие животноводческие объекты, малые фермы и другие сельскохозяйственные потребители могут обеспечиваться электрической энергией, теплом и холодом от автономных систем энергообеспечения в тех случаях, когда по экономическим показателям они более выгодны по сравнению с централизованными системами электро- и тепло(топливо)снабжения.

#### **Основное содержание.**

Автономная система энергообеспечения животноводческих и других сельскохозяйственных потребителей включает в себя источник (или источники) электрической энергии и источник (источники) тепла для обеспечения потребностей объекта в электроэнергии и тепле, не связанные с централизованной системой электро- и теплоснабжения. Автономное электроснабжение потребителей может осуществляться от различных видов моторгенераторов, ветроэлектрических агрегатов, солнечных батарей, микроГЭС и других источников. Автономные системы теплоснабжения в большинстве своем используют различные

конструкции котлов, печей и теплогенераторов для сжигания в них твердого, жидкого и газообразного топлива, а также гелиоэнергетические установки для преобразования энергии Солнца в тепло жидких и газообразных теплоносителей. Известны автономные системы комбинированной выработки электроэнергии и тепла. Для подавляющего большинства небольших животноводческих и других сельских потребителей основным элементом таких систем является мотор-генератор, тепловой двигатель которого оборудуется теплообменными аппаратами, с помощью которых тепло охлаждающей двигатель жидкости и тепло выхлопных газов двигателя используется для нагрева внешних (относительно двигателя) жидкости или газа, которые, в свою очередь, являются теплоносителями в системах теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей. Перечисленные выше системы требуют для нормальной работы как минимум два энергоносителя, особенно топлива для нужд пищевого приготовления и горячего водоснабжения.

В ФГБНУ ВИЭСХ была разработана автономная система энергообеспечения автономных сельскохозяйственных потребителей на основе термоэлектрического генератора, работающего на газе и использующая один энергоноситель – газ (сжиженный, природный или биогаз) для удовлетворения потребностей объекта в электроэнергии, тепло- и холодообеспечении, горячем водоснабжении и пищевого приготовлении [1]. Однако основным недостатком такой системы является постоянный расход газового топлива, доставка которого на удаленные сельскохозяйственные объекты требует значительных материальных затрат.

С целью уменьшения количества расходуемого газового топлива и снижения затрат на его транспортировку, была разработана энергосберегающая автономная система энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей [2]. Экономия энергоносителя осуществляется за счет использования ветроэлектрического агрегата, работающего при оптимальных скоростях ветра для данного типа ветроэлектрического агрегата и пополняющего запас электроэнергии в буферной аккумуляторной батарее, а также за счет солнечного теплового коллектора, нагревающего жидкий теплоноситель, поступающий в бак-аккумулятор тепла.

Общая схема автономной энергосберегающей системы энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей приведена на рисунке 1.

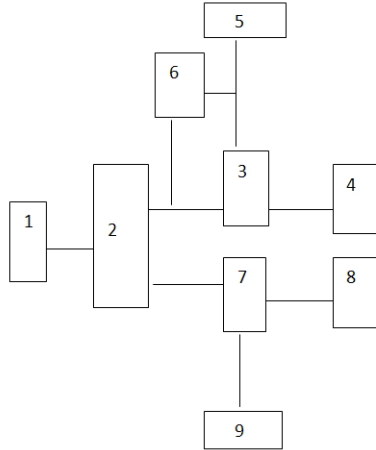


Рисунок 1 - Общая схема автономной энергосберегающей системы энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей:

1 – резервуар с газом; 2- термоэлектрический генератор; 3 – аккумулятор электрической энергии; 4 – потребители электрической энергии; 5 – ветроэлектрический агрегат; 6 – автоматическое переключающее устройство; 7 – аккумулятор теплоты; 8 – потребители теплоты; 9 – преобразователь солнечной энергии в теплоту.

Система работает следующим образом. Газ из резервуара 1 поступает в термоэлектрический генератор 2, где происходит преобразование теплоты сгорания газа в электрическую энергию (прямое преобразование), которая накапливается в аккумуляторе 3, из которого используется потребителями электрической энергии 4. Ветроэлектрический агрегат 5 вырабатывает электрическую энергию, которая также поступает в электрический аккумулятор 3. При достижении полного уровня заряда электрического аккумулятора 3 автоматическое переключающее устройство 6 отключает электрический аккумулятор в первую очередь от термоэлектрического генератора, а затем от ветроэлектрического агрегата, причем одновременно с отключением электрического аккумулятора от термоэлектрического генератора прекращается подача газа в последний. При снижении уровня заряда электрического аккумулятора ниже допустимого, автоматическое переключающее устройство подключает электрический аккумулятор в первую очередь к ветроэлектрическому агрегату, если он работает в номинальном режиме и заряжает аккумулятор. Если же мощности ветрового потока

недостаточно для работы ветроэлектрического агрегата, то автоматическое переключающее устройство подключает электрический аккумулятор к термоэлектрическому генератору, в который одновременно с этим возобновляется подача газа и его горение. Теплота сгораемого в термоэлектрическом генераторе газа, не преобразованного в электрическую, поглощается теплоносителем, охлаждающим термоэлектрический генератор и передается в аккумулятор теплоты, а из него к потребителям теплоты. Преобразователь солнечной энергии в теплоту передает ее в аккумулятор теплоты.

Возможны варианты работы системы с использованием инвертора, включаемого после электрического аккумулятора, для питания потребителей переменным электрическим током напряжением 220 В и частотой 50 Гц, а также применение вторичного контура (жидкостного и воздушного) передачи теплоты от аккумулятора теплоты к потребителям.

Ветроэлектрические агрегаты малой и средней мощности выпускаются российскими и зарубежными производителями. Средняя мощность ветроэлектрической установки может быть определена по формуле [3]

$$N_{cp} = N_p \left( \sum_{v_i \geq v_e}^{\leq v_p} \frac{(v_i - v_e) \cdot t_i}{(v_p - v_e)} + \sum_{v_i \geq v_p}^{\leq v_o} t_i \right) \quad (1)$$

где:  $N_p$  – расчетное значение установленной мощности, кВт;  $v_p$  – расчетное значение скорости ветра, м/с;  $v_e$  – скорость включения, м/с; скорость отключения, м/с;  $v_i$  – вероятность появления скорости ветра; относительная доля вероятности значения скорости ветра.

Расчетное значение установленной мощности ветроэлектрического агрегата определяется по формуле

$$N_p = (\pi / 8) D^2 \rho v_p^2 \eta_o \quad (2)$$

где:  $N_p$  – расчетное значение установленной мощности ветроэлектрического агрегата, кВт;  $D$  – диаметр ветроколеса, м;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $v_p$  – расчетная скорость ветра, м/с;  $\eta_o$  – общий кпд установки.

Количество энергии, которую вырабатывает ветроагрегат за расчетный период времени можно определить из выражения

$$W = \frac{N_p T}{1000} \quad (3)$$

где:  $W$  – количество вырабатываемой энергии, кВтч;  $T$  – расчетное время работы, ч.

В таблице 1 приведены технические характеристики некоторых типов ветроэлектрических установок российского производства.

Таблица 1 - Технические характеристики некоторых типов ветроэлектрических установок

| Характеристики                         | ВЕТЭН – 0,16 | Шексна - 1 | WE - 1000 |
|--|--------------|------------|-----------|
| Номинальная мощность, кВт              | 0,16         | 0,5        | 1,0       |
| Диапазон рабочих скоростей ветра, м/с  | 3,5-25       | 3-30       | 2,5-7,5   |
| Диаметр ветроколеса, м                 | 1,6          | 2,8        | 2,2       |
| Выходное напряжение инвертора, В       | 220          | 230        | 220       |
| Масса (без аккумуляторной батареи), кг | 58           | 265        | 280       |

Преобразователями солнечной энергии в тепловую в подавляющем большинстве являются солнечные коллекторы. Полезная мощность, отводимая с единицы площади солнечного коллектора определяется по формуле: [4]

$$P = I(\tau\alpha)F - \Delta P \quad (4)$$

где: P – полезная мощность, отводимая с единицы площади солнечного коллектора, Вт/м<sup>2</sup>; I – интенсивность суммарного излучения в плоскости коллектора, Вт/м<sup>2</sup>; (τα) – оптический КПД коллектора; F – коэффициент эффективности поглощающей поверхности; ΔP – удельные потери тепловой энергии коллектора, Вт/м<sup>2</sup>.

Технические характеристики некоторых типов тепловых коллекторов приведены в таблице 2. [5]

Таблица 2 - Технические характеристики некоторых типов тепловых коллекторов

| Параметр                  | Сокол-А | DRC10     | OPC10 | OPC15 |
|---------------------------|---------|-----------|-------|-------|
| Страна-производитель      | Россия  | Швейцария |       |       |
| Тип солнечного коллектора | плоский | вакуумный |       |       |

Продолжение таблицы 2

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| Абсорбер<br>(поглощающая<br>поверхность)                                    | 10 профилей<br>из<br>алюминиево<br>о сплава АД<br>31 с<br>плоскими<br>ребрами,<br>имеющими<br>селективное<br>покрытие | 10 вакуумных<br>трубок размером<br>58x47x1900 с 9-<br>ти слойным<br>высокоселектив<br>ным покрытием | 10 вакуумных<br>трубок размером<br>47x37x1500 с 9-<br>ти слойным<br>высокоселектив<br>ным покрытием | 15<br>вакуумных<br>трубок<br>размером<br>47x37x1500, с<br>9-ти слойным<br>высокоселект<br>ивным<br>покрытием |
| Стекло  | стекло<br>листовое 4<br>мм  |   | боросиликат 3.3 мм,<br>360°   |  |
| Производительность коллектора при солнечной радиации 1000 Вт/м <sup>2</sup> | –   | 1250  | 1000  | 1500   |
| Теплоноситель   | вода /<br>гликоль   | вода / гликоль  | вода / гликоль  | вода / гликоль   |
| Объем теплоносителя, л  | 2,15  | 2,1   | 2,1   | 3,1  |
| Допустимое рабочее давление, бар  | 7   | 10  | 10  | 10   |
| Вес коллектора, кг  | 54  | 50  | 32  | 45   |

Экспериментальные исследования фрагмента автономной системы энергообеспечения на основе термоэлектрического генератора на газовом топливе проводились в одном из хозяйств Московской области и показали его работоспособность как на сжиженном газе, так и на биогазе.

**Выводы.**

1. Энергосберегающая автономная система энергообеспечения животноводческих и других сельскохозяйственных потребителей предназначена в первую очередь для снабжения электроэнергией, теплом и холодом объекты в сельской местности, удаленные от систем централизованного электро- и тепло(топливо)снабжения.

2 Применение ветроэлектрического агрегата и установки для преобразования энергии солнечного излучения в теплоту в автономных системах энергообеспечения с использованием термоэлектрического генератора, работающего на газовом топливе позволяет в конечном итоге снизить затраты на топливо.

#### **Список использованных источников:**

1. Прищеп Л.Г., Антонов Ю.М. Энергоснабжение автономных потребителей //Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1974.№9.С.30-31.

2. Патент РФ 2182986. Способ автономного электроснабжения и теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей и устройство для его осуществления/Антонов Ю.М.// БИ 2002. №16.

3. Tande J.O.G., Hansen J.C. The Economics of Wind Power Systems. Riso National Laboratory. Roskild. Denmark, August 1991, 217-с.

4. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А. и др. ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. С-Пб:Наука, 2002. – 314с.

5. <http://www.klimat-kmv.ru/katalogi/energoberegayu>

*Антонов Юрий Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией систем электроснабжения сельских потребителей, Москва, Федеральное Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства РАН.*

#### **ENERGY-SAVING STAND-ALONE SYSTEM OF ENERGY SUPPLY OF LIVESTOCK AND OTHER AGRICULTURAL OBJECTS**

*Y. M. Antonov*

Abstract. The energy-saving stand-alone system of energy supply of cattle-breeding and other agricultural objects, the primary element of which is gaseous fuel, allows to reduce costs of organic fuel (in this case it is gas) at the expense of utilization of wind power installations and solar thermal collectors.

Keywords: thermoelectric generator, solar collectors, agricultural objects, stand-alone systems.

*Antonov Yuri Mikhailovich, Candidate of Technical Sciences, senior researcher, head of laboratory of rural consumers energy supply, Moscow, Federal State Budget Scientific Institution of All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture Electrification of The Russian Academy Of Sciences.*



УДК 631.331.53.022.66.001.5:633.521

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДИСКОВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ЛЬНА

Фирсов А.С., Голубев В.В.

ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА»

*Аннотация. В статье приведены результаты теоретических, лабораторных и полевых исследований дискового пневматического высевающего аппарата для льна. Выявлены его оптимальные показатели работы при посеве семян льна и представлен экономический эффект от внедрения конструкции в производственные условия работы.*

*Ключевые слова: высевающий аппарат, пневмотранспортирование, пневматическая система, мелкосеменные культуры, посев, лен.*

**Введение.** Программой развития АПК до 2020 года [1] предусматривается создание новых высокоэффективных и ресурсосберегающих технологий, а также технических средств для производства сельскохозяйственной продукции.

Поскольку приоритетным направлением сельскохозяйственной отрасли является повышение качества и урожайности возделываемых культур, работа, направленная на оптимизацию технологических и конструктивных параметров и режимов работы высевающих аппаратов сеялки, отвечающих предъявляемым агротехническим требованиям, является актуальной задачей в настоящее время.

Целью работы является повышение качества посева семян за счет применения дискового пневматического высевающего аппарата.

По материалам анализа научно-технической и патентно-лицензионной литературы выявлены основные технологические и конструктивные особенности современных высевающих аппаратов для посева мелкосеменных культур, отечественных и зарубежных производителей, установлены классификационные признаки высевающих систем [2]. Отметим, что всё большее применение находят дисковые пневматические высевающие аппараты, поскольку

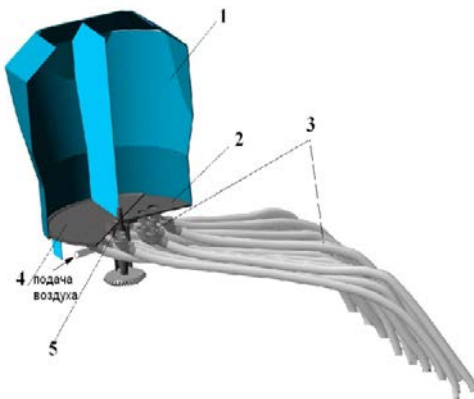
обеспечивают более качественное осуществление технологического процесса дозирования и транспортировки высеваемого материала.

Отмечая направление развития дисковых пневматических высевальных систем видно, что самыми распространенными конструкциями являются высевальный аппарат с пневмосемяпроводом, высевальный аппарат с вакуумной системой, высевальный аппарат с комбинированной пневмосистемой, высевальный аппарат с семяпроводом - распределителем.

**Основная часть.** Выполненный анализ функционирования указанных высевальных систем указал на следующие несоответствия агротехническим требованиям (АТТ): недостаточно равномерный высев материала, сравнительно низкая надежность конструкции и высокие габаритные размеры некоторых высевальных систем.

На основании системного подхода и выполненного анализа теоретических исследований установлено, что на работу высевального аппарата сеялки влияет ряд факторов, это физико-механические и технологические свойства семенного материала, а также параметры и режимы работы высевального аппарата. Именно от них зависит качественное функционирование высевального аппарата, как следствие – качество посева и урожайность сельскохозяйственных культур [3].

На основании выполненных теоретических предпосылок в лаборатории кафедры «Транспортных и технологических машин и комплексов» Тверской ГСХА разработан и изготовлен дисковый пневматический высевальный аппарат, обеспечивающий требуемые показатели качества посева семян льна.



1 – бункер; 2 – дно с высевными окнами; 3 – семяпроводы; 4 – высевной диск; 5 – привод

Рисунок 1 – Пневматический высевальный аппарат

Пневматический высевальной аппарат для посева льна работает следующим образом. Семенной бункер заправляют семенами мелкосеменной культуры, например льна-долгунца (рисунок 1). При вращении высевальной диска происходит транспортировка семян к зоне разгрузки. В момент совпадения оси ячейки высевальной диска с осью высевального окна семена под действием силы тяжести перемещаются в семяпровод, затем, подхватываются потоком сжатого воздуха и выбрасываются через семяпровод в почву равномерно расположенными рядами с одинаковым расстоянием между семенами в рядке.

Для проверки адекватности теоретических предпосылок по определению оптимальных режимов работы предложенной и изготовленной конструкции высевальной аппарата составлена программа проведения экспериментальных исследований, в которую вошли следующие эксперименты – рекогносцировочные, лабораторные, полевой опыт и производственные испытания.

По окончании лабораторных исследований проводим анализ полученных экспериментальных данных. Анализ графической зависимости (рисунок 2) показал, что оптимальный отклик (1,1 – 1,5 см) наблюдается при следующих значениях факторов: частота вращения диска высевальной аппарата  $n = 65$  об/мин; диаметр ячеек высевальной диска  $d_{яч} = 8$  мм и при скорости движения ленты 2,5 м/с. Процент дробления исследуемого материала не превышает установленных АТТ - 0,5%.

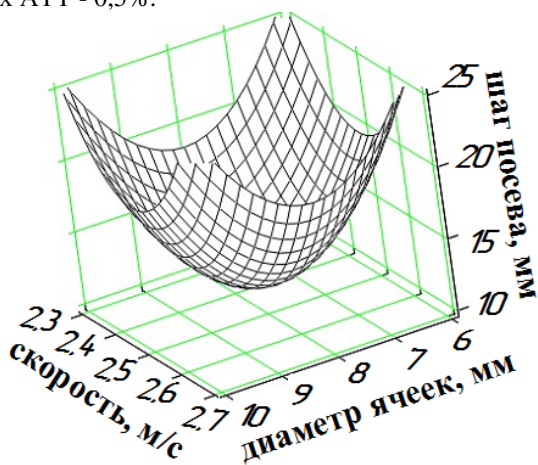


Рисунок 2 - Зависимость шага посева от скорости ленты и диаметра ячеек при частоте вращения 65 мин<sup>-1</sup>

В результате анализа полученной поверхности отклика от

исследуемых параметров при проведении полевого опыта определена оптимальная область значений исследуемых факторов (рисунок 3). Оптимальные показатели работы наблюдается при следующих значениях исследуемых факторов – скорость движения трактора 9 км/ч, давление в пневмосистеме – 0,13 МПа.

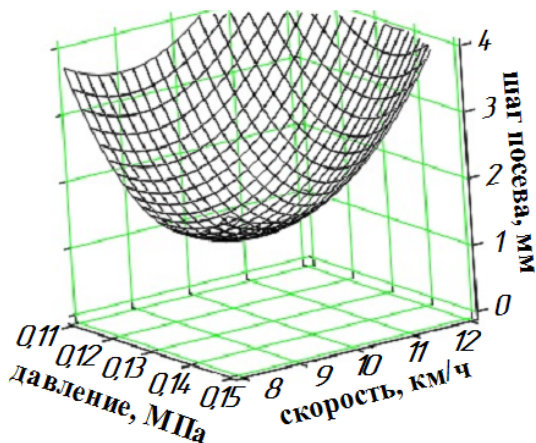


Рисунок 3 - Зависимость шага посева от скорости движения и давления в пневмосистеме сеялки

Все полученные значения отклика были проверены на воспроизводимость по критерию Кохрена, адекватность полученных регрессионных уравнений подтверждена сравнением с критерием Фишера, а также выявлены значимые коэффициенты полученного уравнения регрессии по критерию Стьюдента [4].

**Выводы.** Предложенная конструкция высевашеющего аппарата для возделывания льна является достаточно эффективной, поскольку повышение урожайности льна позволяет добиться экономического эффекта.

Средний годовой экономический эффект от применения БМКА составил 2534,5 руб. на один га посева, в сравнении с сеялками СЗЛ-3,6 и СЗТ-3,6. Срок окупаемости вложенных затрат составляет 1,75 года.

#### Список использованных источников:

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы. – Министерство сельского хозяйства РФ. – 19.12.2014. - №1421.
2. Фирсов, А.С. Классификация высевашеющих аппаратов для

посева мелкосеменных культур / А.С. Фирсов, В.В. Голубев // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Сборник научных трудов. – Санкт-Петербург, 2013, - С. 400-402.

3. Овчинников, В.А. Повышение эффективности машин для посева мелкосеменных культур: монография / В.А. Овчинников; науч. ред. Д-р техн. наук М.Н. Чаткин. – Саранск: Мордов. Ун-та, 2013. – 104 с.

4. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. - 169 с.

*Фирсов Антон Сергеевич, старший преподаватель, Россия, Тверь, Тверская ГСХА, sevenrom777@yandex.ru.*

*Голубев Вячеслав Викторович, кандидат технических наук, доцент, Россия, Тверь, Тверская ГСХА, slavasddg@mail.ru.*

#### THE RESULTS OF THE STUDY OF PARAMETERS AND MODES OF OPERATION OF DISK PNEUMATIC SOWING MACHINE FOR FLAX

Firsov A.S., Golybev V.V.,

Abstract. The article presents the results of theoretical, laboratory and field studies of disk pneumatic sowing machine for flax. Its optimal performance when sowing seeds of flax are revealed and the economic effect of the construction introduction into industrial working conditions is presented.

Keywords: sowing machine, pneumatic transportation, pneumatic system, small-seeded crops, sowing, flax.

*Firsov Anton Sergeevich, Russia, Tver, Tverskaya SAA, sevenrom777@yandex.ru.*

*Golybev Vyacheslav Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russia, Tver, Tverskaya SAA, slavasddg@mail.ru.*

УДК 62-83-523.2:621.313.12:621.313.13-133.32

### **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВУМЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ОТ ОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ**

Б.И. Деулин

ООО «Орбита», г. Орел

*Аннотация. Автоматизация производственных процессов и отдельно взятых устройств весьма актуальна, т.к. она способствует повышению производительности труда и улучшению качества продукции. Настоящая статья посвящена разработке функциональной схемы автоматизированного электропривода для управления двумя шаговыми двигателями с одним генератором импульсов. Предполагается, что данный привод будет являться составной частью различных автоматизированных приборов и устройств.*

*Ключевые слова: электропривод, шаговый двигатель, автоматизация, генератор импульсов.*

**Введение.** Автоматизация производственных процессов и отдельно взятых устройств является актуальной задачей сегодняшнего дня, которая позволяет освободить человека от монотонного труда, а так же от опасных для жизни и здоровья производственных процессов. Автоматизация позволяет повысить производительность труда и качество продукции.

Любые автоматизированные устройства являются комплексными изделиями, в состав которых входит множество различных элементов: датчики, усилители, средства приема и передачи информации, исполнительные устройства и т.д.

Широкое применение в автоматических устройствах нашли шаговые двигатели, которые наилучшим образом подходят для автоматизации отдельных узлов и систем, где не требуется преодоление высоких динамических нагрузок.

**Анализ литературных источников.** В работе [1] были представлены радиаторные стойки для твердотельных лазерных элементов на органических красителях, выполненных в виде дисков.

Данные стойки изготовлены из материала с высокой теплопроводностью и позволяют снижать температуру активных лазерных элементов во время работы, что повышает их ресурс и увеличивает КПД лазера, т.к. интенсивность люминесценции красителей снижается с ростом температуры. Кроме того, данные стойки позволяют менять диапазон изменения выходного излучения лазера, путем смены активного лазерного элемента за счет поворота барабана, в котором размещены. Поворот барабана, было предложено осуществлять с помощью шагового двигателя [2,3]. В работах [2,3] была представлена функциональная схема управления одной автоматизированной радиаторной стойкой. В работах [4,5] было предложено применять данные стойки для автоматизации твердотельного лазера и лазерного сканера на красителях. В данных работах использовался один шаговый двигатель. Однако на практике может возникнуть необходимость применения двух и более шаговых двигателей.

**Цель и задачи.** Целью данной работы является разработка функциональной схемы автоматизированного привода для управления двумя шаговыми двигателями, как составной части различных автоматизированных приборов и устройств.

**Решение поставленной задачи.** На рисунке 1 представлена функциональная схема управления работой двух шаговых двигателей.

Устройство работает следующим образом. Для вращения шагового двигателя 1, с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) 13 подается сигнал на ключ 12 с целью включения генератора импульсов 10. Одновременно, компьютер 14 подает сигнал через ЦАП 13 на ключ 7, который замыкает цепь, и сигнал с генератора импульсов 10 может поступать на контакты электромагнитного реле 4, к которому подключены выводы шагового двигателя 1 (ключ 2, рис.2). Синхронно с замыканием цепи, на которую поступает сигнал с генератора импульсов 10, ключ 7 включает счетчик импульсов 9, который служит для контроля угла поворота шагового двигателя 1.

Импульсы с генератора 10 поступают на контакты электромагнитного реле постоянного тока 4, к которому подключены выводы шагового двигателя 1, рис.2. Будем считать, что для вращения шагового двигателя 1 по часовой стрелке выводы генератора импульсов 10 и шагового двигателя 1 подключены на нормально замкнутые контакты электромагнитного реле 4, рис.2.

Под действием импульсов генератора 10, шаговый двигатель 1 начинает осуществлять вращение. К генератору прямоугольных импульсов 10 подключен счетчик импульсов 9, с помощью которого можно контролировать угол поворота шагового двигателя 1. Данные

со счетчика импульсов 9 поступают на компьютер 14. При повороте шагового двигателя 1 на требуемый угол, с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 12 с целью его закрытия и выключения генератора импульсов 10, а так же на счетчик импульсов 9, для его обнуления.

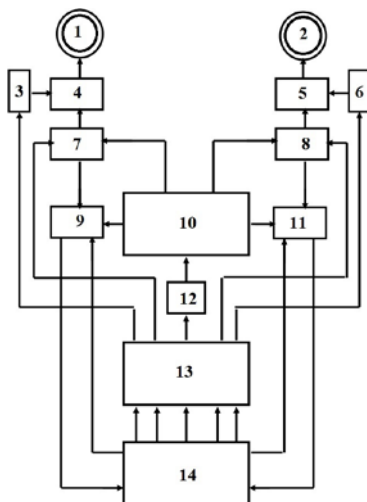
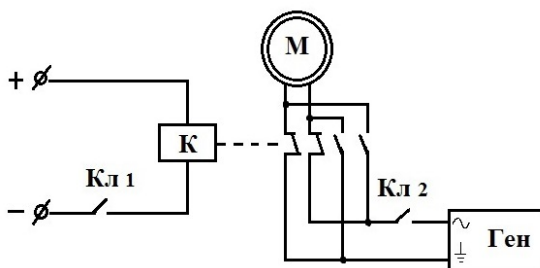


Рисунок 1 - Функциональная схема управления двумя шаговыми двигателями: 1 – шаговый двигатель; 2 - шаговый двигатель; 3 – ключ; 4 - электромагнитное реле постоянного тока; 5 – электромагнитное реле постоянного тока; 6 – ключ; 7 – ключ; 8 – ключ; 9 - счетчик импульсов; 10 – генератор импульсов; 11 - счетчик импульсов; 12 – ключ; 13 - цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 14 – компьютер.

При необходимости вращения шагового двигателя 1 против часовой стрелки с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 3, который замыкает цепь катушки электромагнитного реле 4 (ключ 1, рис.2). В результате чего электромагнитное реле 4 срабатывает. При этом нормально замкнутые контакты размыкаются, а нормально разомкнутые замыкаются, рис.2. Далее с помощью компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 открывается ключ 12, который включает генератор импульсов 10. Теперь импульсы от генератора 10 поступают на нормально разомкнутые контакты электромагнитного реле 4, к которым подключается шаговый двигатель 1, рис. 2. Таким образом, меняется полярность импульсов поступающих на шаговый



двигатель 1 и он начинает вращаться против часовой стрелки. Для контроля угла поворота шагового двигателя 1 служит счетчик импульсов 9, подключенный к генератору прямоугольных импульсов 10. Данные со счетчика импульсов 9 поступают на компьютер 14. При повороте шагового двигателя 1 на требуемый угол с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 12 с целью выключения генератора импульсов 10 и на ключ 3, который размыкает цепь катушки электромагнитного реле постоянного тока 4. Далее с компьютера 14 поступает сигнал на счетчик импульсов 9 с целью его обнуления. Если, нет необходимости выключения генератора импульсов, то с компьютера 14 через АЦП 13 поступает сигнал на ключ 7, который размыкает цепь, по которой на электромагнитное реле постоянного тока 4 поступает сигнал с генератора 10 (ключ 2, рис. 2). При этом генератор 10 продолжает работать.



К - катушка электромагнитного реле; М - шаговый двигатель; Ген - генератор импульсов; Кл 1 - ключ; Кл 2 - ключ

Рисунок 2 - Подключение шагового двигателя к генератору импульсов через электромагнитное реле

Аналогично осуществляется управление шаговым двигателем 2. Для его вращения, с компьютера 14 через ЦАП 13 подается сигнал на ключ 12 с целью включения генератора импульсов 10. Одновременно, компьютер 14 подает сигнал через ЦАП 13 на ключ 8, который замыкает цепь, и сигнал с генератора импульсов 10 может поступать на контакты электромагнитного реле 5, к которому подключены выводы шагового двигателя 2 (ключ 2, рис.2). Синхронно с замыканием цепи, на которую поступает сигнал с генератора импульсов 10, ключ 8 включает счетчик импульсов 11, который служит для контроля угла поворота шагового двигателя 2.

Импульсы с генератора 10 поступают на контакты электромагнитного реле постоянного тока 5, к которому подключены выводы шагового двигателя 2, рис.2. Будем считать, что для вращения шагового двигателя 2 по часовой стрелке выводы генератора

импульсов 10 и шагового двигателя 2 подключены на нормально замкнутые контакты электромагнитного реле 5, рис.2.

Под действием импульсов генератора 10, шаговый двигатель 2 начинает осуществлять вращение. К генератору прямоугольных импульсов 10 подключен счетчик импульсов 11, с помощью которого можно контролировать угол поворота шагового двигателя 2. Данные со счетчика импульсов 11 поступают на компьютер 14. При повороте шагового двигателя 2 на требуемый угол, с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 12 с целью его закрытия и выключения генератора импульсов 10, а так же на счетчик импульсов 11, для его обнуления.

При необходимости вращения шагового двигателя 2 против часовой стрелки с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 6, который замыкает цепь катушки электромагнитного реле 5 (ключ 1, рис.2). В результате чего электромагнитное реле 5 срабатывает. При этом нормально замкнутые контакты размыкаются, а нормально разомкнутые замыкаются, рис.2. Далее с помощью компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 открывается ключ 12, который включает генератор импульсов 10. Теперь импульсы от генератора 10 поступают на нормально разомкнутые контакты электромагнитного реле 5, к которым подключается шаговый двигатель 2, рис. 2. Таким образом, меняется полярность импульсов поступающих на шаговый двигатель 2 и он начинает вращаться против часовой стрелки. Для контроля угла поворота шагового двигателя 2 служит счетчик импульсов 11, подключенный к генератору прямоугольных импульсов 10. Данные со счетчика импульсов 11 поступают на компьютер 14. При повороте шагового двигателя 2 на требуемый угол с компьютера 14 через цифро-аналоговый преобразователь 13 поступает сигнал на ключ 12 с целью выключения генератора импульсов 10 и на ключ 6, который замыкает цепь катушки электромагнитного реле постоянного тока 5. Далее с компьютера 14 поступает сигнал на счетчик импульсов 11 с целью его обнуления. Если, нет необходимости выключения генератора импульсов, то с компьютера 14 через АЦП 13 поступает сигнал на ключ 8, который размыкает цепь, по которой на электромагнитное реле постоянного тока 5 поступает сигнал с генератора 10 (ключ 2, рис. 2). При этом генератор 10 продолжает работать.

Таким образом, данная схема позволяет параллельно управлять работой двух шаговых двигателей.

Предполагается в дальнейшем использовать данную схему при разработке автоматизированных спектрофотометров с лазерным

источником света.

### **Выводы.**

1. Предлагаемая схема позволяет осуществлять параллельное управление двумя шаговыми двигателями.
2. Данный электропривод может применяться при автоматизации различных приборов и устройств.

### **Список использованных источников:**

1. Деулин, Б.И., Филиппов В.В. Стойка-радиатор для твердотельного лазера на красителях // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение» № 5 (9), 2015. – С. 87-94.
2. Деулин, Б.И., Филиппов В.В. Автоматизированная стойка-радиатор для твердотельного лазера на красителях // Волгоград: Известия ВолгГТУ, серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь», № 11 (176). Т. 12, 2015. - С. 70-74.
3. Деулин, Б.И., Филиппов В.В. Автоматизированная стойка для твердотельных лазерных элементов с мембранными радиаторами // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение» № 5 (9), 2015. – С. 95-101.
4. Деулин, Б.И. Автоматизированный твердотельный лазер на красителях // Симферополь: издательство КФУ, «Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия». 2015. Т. 1 (67). № 4. С. 109-118.
5. Деулин, Б.И. Автоматизированный твердотельный лазерный сканер на красителях // Севастополь: издательство ФГАОУ ВО СевГУ, «Энергетические установки и технологии». – 2016. – Т. 2. - № 1. – С. 83-87.

*Деулин Борис Иванович*

*ООО «Орбита», г. Орел. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

### **AUTOMATED ELECTRIC DRIVE TO CONTROL TWO STEPPER MOTORS FROM ONE PULSE GENERATOR**

**Deulin B.I.**

Abstract. Automation of production processes and the individual devices is very relevant, since it helps to increase labour productivity and to improve production quality. This article is devoted to the development of functional automated electric drive for control two stepper motors with a pulse generator. It is assumed that the drive will be a part of various automated instruments and devices.

Keywords: electric drive, stepper motor, automation, pulse generator.

*Deulin B.I., LLC «Orbita», Orel. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ПО ВЫБОРУ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Виноградов А.В., Синяков А.Н., Семенов А.Е.

Орловский государственный аграрный университет  
имени Н.В. Парахина

*Аннотация. От выбора способа мониторинга технического состояния линий электропередачи (ЛЭП) зависит скорость получения информации о состоянии ЛЭП, затраты на эксплуатацию ЛЭП. Основными способами мониторинга являются: визуальный осмотр персоналом выездных бригад; применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА); применение средств телемеханики. При этом на практике в подавляющем большинстве случаев используется визуальный осмотр, что увеличивает время проведения мониторинга и затраты на его проведение. Для выбора наиболее рационального способа мониторинга ЛЭП необходимо знание таких исходных данных, касающихся обследуемых ЛЭП, как их протяженность, климатические условия, тип ландшафта и тип подключенных к сетям потребителей. Различные сочетания данных факторов и диктуют выбор того или иного способа мониторинга. Разработанная компьютерная программа РПМ v 1.0 учитывает именно различные сочетания данных факторов. Программа обладает интуитивно понятным интерфейсом и может использоваться для выполнения предварительного рассмотрения вариантов способа мониторинга ЛЭП электросетевыми компаниями.*

*Ключевые слова: мониторинг технического состояния линий электропередачи, компьютерная программа выбора способа мониторинга ЛЭП.*

**Введение.** От технического состояния линий электропередачи (ЛЭП) напрямую зависит надежность электроснабжения потребителей. В процессе эксплуатации на элементы конструкции ЛЭП воздействуют различные факторы (климатические, антропогенные и т.д.), которые могут повреждать элементы ЛЭП и вследствие этого вызывать нарушения электроснабжения потребителей.

Воздушные линии электропередачи являются наиболее аварийным элементом в составе систем электроснабжения

потребителей. Более половины всех перерывов в энергоснабжении вызвано аварийностью воздушных ЛЭП [1].

Для анализа эксплуатационной готовности, оптимизации обслуживания, оценки максимальной передающей способности ВЛ необходимо располагать точными и объективными данными о состоянии линий [1].

Следует отметить, что большая часть причин повреждений не выявляется заблаговременно и не может быть выявлена средствами оперативной диагностики. Это различные непредсказуемые атмосферные воздействия, природные и геологические особенности трассы ЛЭП, влияние ненормальных режимов работы линии.

В то же время не менее половины всех причин выхода ЛЭП из строя может быть переведена из категории непредсказуемых в категорию предсказуемых, если для контроля состояния линий использовать системы мониторинга.

Это стало возможным благодаря созданию современных микропроцессорных устройств, широкому применению систем контроля глобального времени, использованию высокоскоростных систем передачи информации по различным физическим каналам связи, разработке беспилотных летательных аппаратов и технических средств мониторинга, которыми они могут оснащаться. [1].

Первый тип систем мониторинга состояния ЛЭП – использование систем телемеханики, под которыми в данном случае подразумеваются системы удаленного контроля состояния ЛЭП с помощью различных датчиков и средств передачи данных. Основные различия между такими системами мониторинга воздушных ЛЭП обычно заключаются в способе и месте установки первичных датчиков, контролирующих параметры технического состояния линии.

Системы мониторинга с использованием средств телемеханики могут быть:

- системы мониторинга, датчики которых монтируются «на земле», и подключаются к контролируемым линиям при помощи различных согласующих устройств, чаще всего конденсаторов связи. Это подключение чаще всего является наибольшей проблемой, так как требует высоковольтной развязки;

- системы мониторинга воздушных ЛЭП, датчики которых, как и процессоры первичной обработки первичных сигналов, монтируются непосредственно на проводах линии. В этом случае проблемы подключения датчика к линии полностью снимаются, но возникают проблемы обеспечения питания электронной части датчика, и с обменом информацией [1].

Наиболее эффективными при этом являются системы с интеллектуальными датчиками на проводах контролируемой линии,

так как они могут быть multifunctionalными, способными решать целый комплекс технологических, технических и эксплуатационных аспектов контроля работы ЛЭП.

Вторым решением организации мониторинга является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Данный вид мониторинга широко применяется в других отраслях, но еще не достаточно широко применяется для мониторинга состояния ЛЭП. В последние годы появилось большое количество публикаций, посвященных использованию БПЛА или беспилотных авиационных систем (БАС) для решения топографических задач. На рынке БПЛА так же представлены достаточно широко и пользуются спросом. Это связано с простотой их эксплуатации, экономичностью, относительно невысокой стоимостью, оперативностью и т.п. Наличие эффективных программных средств автоматической обработки материалов аэрофотосъемки открывают возможности широкого использования программно-технических средств беспилотной авиации в практике в том числе и мониторинга технического состояния ЛЭП [2].

Беспилотная аэрофотосъемка ЛЭП при облете линий позволяет существенно сократить время на поиск повреждений ЛЭП при их аварийном отключении. Так, например, если обследование одной высоковольтной линии, расположенной на труднодоступном лесном участке, по земле может затянуться на несколько дней, то осмотр с воздуха позволяет обследовать линию электропередачи по всей ее длине за половину часа [2]. Испытания разработанного на кафедре «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ БПЛА показали, что при норме 3.5 часа на обход одного километра ЛЭП БПЛА позволяет сократить это время до 20 минут [3].

В [4] приводятся результаты использования данного вида мониторинга в ОАО «Томскнефть». В настоящее время инспекция там проводится путем еженедельного обхода и облета на вертолетах трубопроводов силами работников компании. Беспилотник же способен за один час охватить территорию в 30 квадратных километров. Фото- и видеоматериалы, которые получают с его помощью, имеют высокую четкость. Запускать такой аппарат можно в любое время года. За последние пять лет количество отказов на трубопроводах компании снизилось почти на 45%. Специалист отметил, что сейчас в ведомстве «Томскнефти» находится почти 5 тысяч километров трубопроводов [4].

Мониторинг ЛЭП путем использования телемеханики или БПЛА встречается крайне редко. В настоящее время мониторинг ВЛ чаще всего осуществляется при помощи третьего способа – визуального осмотра персоналом выездных бригад и бригад службы

линий.

Оптимизация затрат на проведение мониторинга состояния ЛЭП требует выбора одного из указанных способов или их комбинации в зависимости от конкретных условий, складывающихся в осуществляющей мониторинг электросетевой компании. Поэтому авторами разработан компьютерный программный продукт, позволяющий производить выбор способа мониторинга.

Выбор функций программного продукта

Основной функцией программы является выбор наиболее подходящего способа мониторинга исходя из исходных данных, указанных пользователем. Факторы, влияющие на выбор способа мониторинга можно структурировать следующим образом. Это:

- ландшафт, на котором расположены исследуемые ЛЭП (гористая местность, лес и т.д.);
- климатические условия эксплуатации ЛЭП;
- тип потребителей (сельское хозяйство, промышленность и т.д.);
- протяженность ЛЭП.

Каждый фактор в свою очередь можно охарактеризовать рядом показателей, влияющих на выбор способа мониторинга. Это влияние можно образно представить в виде схемы, представленной на рисунке 1.

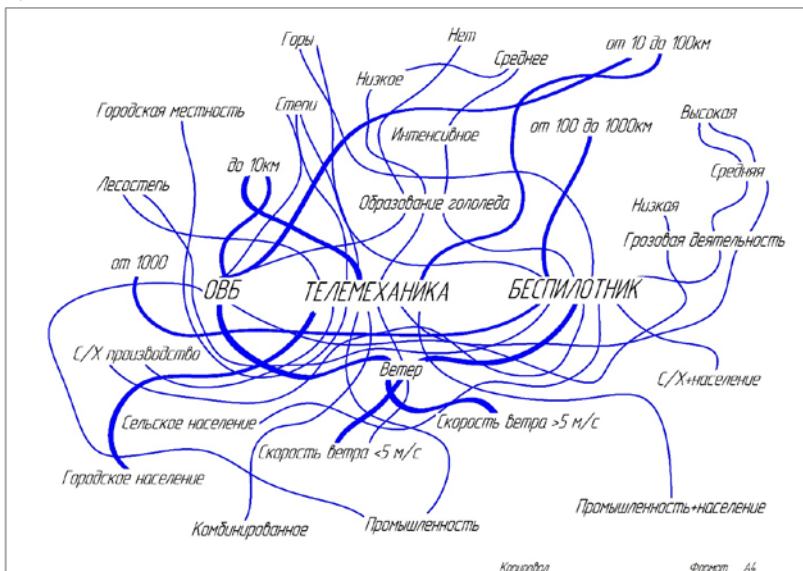


Рисунок 1 – Взаимосвязь способов мониторинга состояния ЛЭП с различными факторами.

На рисунке 1 линии связи показывают как тот или иной показатель влияет на выбор способа мониторинга. При этом толщина линий связи характеризует значимость связи на выбор способа мониторинга.

Разрабатываемая программа РПМ v.1.0 была выполнена в среде Microsoft Visual Studio2012 на платформе .NET 4.0 на языке программирования C# [5,6,7].

Разработка интерфейса

Разрабатываемая программа «РПМ v.1.0» имеет простой интерфейс, легко воспринимаемый обычным пользователем (рисунок 2).

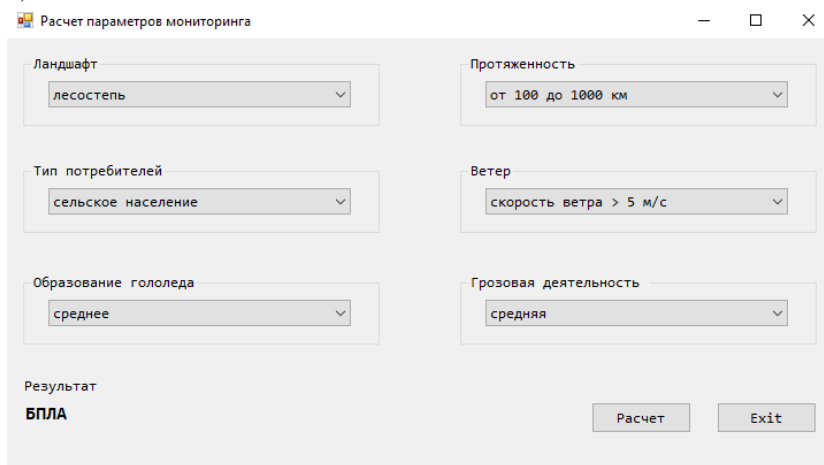


Рисунок 2 - Интерфейс программы РПМ v.1.0

В главном диалоговом окне пользователю необходимо выбрать параметры, соответствующие условиям, в которых будет осуществляться мониторинг состояния ЛЭП.

В окне «Ландшафт» (рисунок 3) пользователю предлагается выбрать ландшафт, по которому проходят трассы ЛЭП: городская местность, степи, лесостепь, горы.

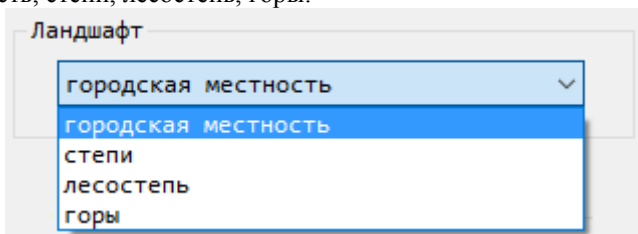


Рисунок 3 - Окно «Ландшафт»



Затем в окне «Протяженность» (рисунок 4) предлагаются следующие варианты протяженности сети: до 10 км, от 10 до 100км, от 100 до 1000км и больше 1000.

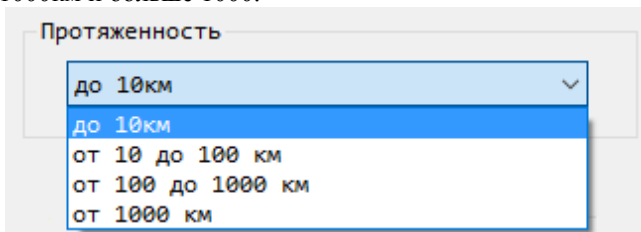


Рисунок 4 - Окно «Протяженность»

В следующем окне «Тип потребителя» (рисунок 5) предлагается выбрать, к какому типу относится большинство потребителей, питаемых исследуемыми электрическими сетями: сельскохозяйственное производство, сельское население, промышленность, городское население, промышленность + население, с/х + население, комбинированное.

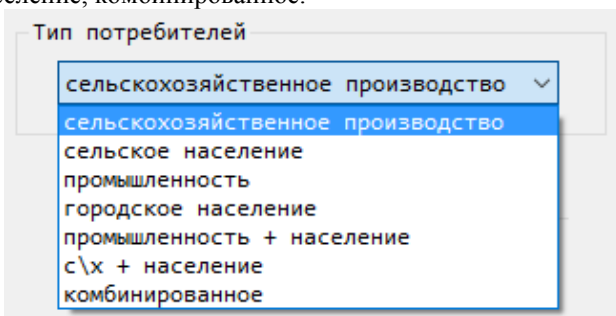


Рисунок 5 - Окно «Тип потребителей»

В окне «Ветер» (рисунок 6) пользователю предлагаются два варианта среднегодовой скорости ветра: скорость ветра <5 м/с и скорость ветра >5 м/с.

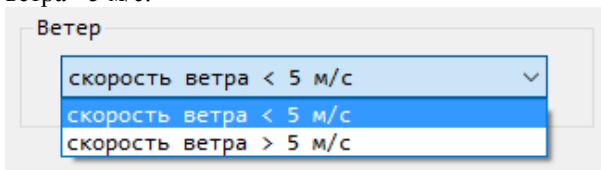


Рисунок 6 - Окно «Ветер»

В окне «Образование гололеда» (рисунок 7) предлагаются следующие варианты, характеризующие гололедообразование в местности, где проходят исследуемые сети: интенсивное, среднее, низкое, нет.

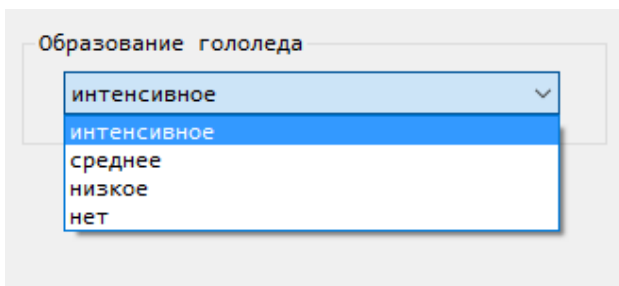


Рисунок 7 - Окно «Образование гололеда»

В окне «Грозовая деятельность» (рисунок 8) пользователю предлагаются следующие варианты интенсивности грозовой деятельности: высокая, средняя, низкая.

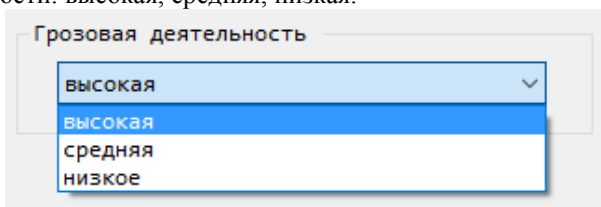


Рисунок 8 - Окно «Грозовая деятельность»

После введения исходных данных пользователь нажимает «Расчет». Результат расчета программы выводится в нижнем левом окне (рисунок 9):

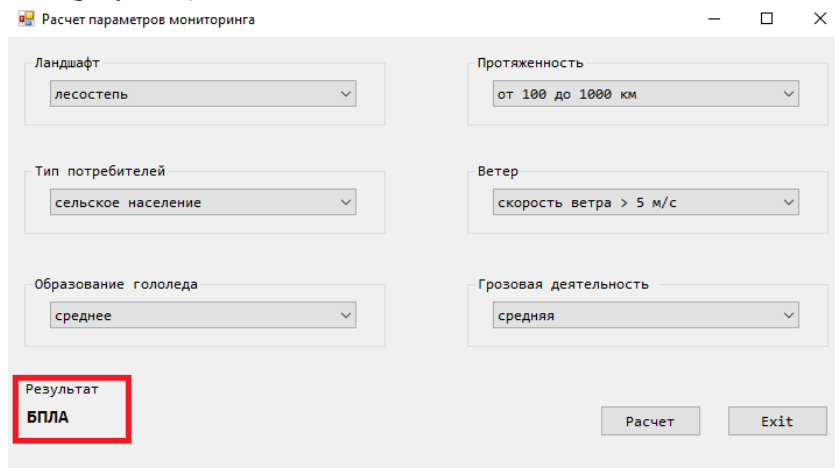


Рисунок 9 - Вывод результата

Интерфейс программы интуитивно понятен, легок в обращении и не вызовет трудностей при освоении программы.

Затем, когда пользователь получил результат. Необходимо нажать на клавишу «Exit» для выхода из программы. Клавиша «Exit» находится в правом нижнем углу.

Выбор того или иного способа мониторинга ЛЭП программой РПМ v1.0 основывается на сочетании выбранных исходных данных. Это первая версия программы и она имеет в перспективе ряд доработок, требующих предварительной тщательной работы по технико-экономическому и экспертному обоснованию сочетаний исходных данных, позволяющих наиболее достоверно выбирать способ мониторинга ЛЭП. Тем не менее, применение программы рекомендуется для выполнения предварительного рассмотрения вариантов способа мониторинга ЛЭП электросетевыми компаниями.

**Выводы.** 1. От выбора способа мониторинга технического состояния ЛЭП зависит скорость получения информации о состоянии ЛЭП, затраты на эксплуатацию ЛЭП. Основными способами мониторинга являются: визуальный осмотр персоналом выездных бригад; применение БПЛА; применение средств телемеханики. При этом на практике в подавляющем большинстве случаев используется визуальный осмотр, что увеличивает время проведения мониторинга и затраты на его проведение.

2. Для выбора наиболее рационального способа мониторинга технического состояния ЛЭП необходимо знание таких исходных данных, касающихся обследуемых ЛЭП, как их протяженность, климатические условия, тип ландшафта и тип подключенных к сетям потребителей. Различные сочетания данных факторов и диктуют выбор того или иного способа мониторинга. Разработанная программа РПМ v 1.0 учитывает именно различные сочетания данных факторов. Программа обладает интуитивно понятным интерфейсом и может использоваться для выполнения предварительного рассмотрения вариантов способа мониторинга ЛЭП электросетевыми компаниями.

3. Дальнейшее совершенствование программы планируется осуществлять по мере проведения глубокого технико-экономического анализа сочетания указанных выше факторов на выбор способа мониторинга ЛЭП.

#### **Список использованных источников:**

1. Системы мониторинга состояния воздушных лэп, требования к ним, возможные реализации, практические результаты ООО «RUSOV» – М.–2013.– 19 с.

2. Беспилотные летательные аппараты ZALA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zala.aero/> (Дата обращения: 1.06.2016 15:46). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Протокол №1 испытания беспилотного летательного

аппарата (БПЛА ОСЛЭП Орел ГАУ) для осмотра ВЛ на базе Мценского РЭС ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго» от 26.11.2014г.

4. Томскнефть начала испытания беспилотников для инспекции трубопроводов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.riatomsk.ru/article/20150227/tomskneftj-nachala-ispitaniya-bespilotnikov-dlya-inspekcii-truboprovodov/> / (Дата обращения: 23.09.2016 9:56). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wikipedia.org> (Дата обращения: 23.09.2016 13:41). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Microsoft. Developer Network [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com> (Дата обращения: 23.09.2016 13:06). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Энциклопедия языков программирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://progopedia.ru/> (Дата обращения: 23.09.2016 14:14). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

*Виноградов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Россия, Орёл, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, [winaleksandr@rambler.ru](mailto:winaleksandr@rambler.ru).*

*Синяков Алексей Николаевич, инженер-проектировщик ООО «Сетьстрой-М», магистрант ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Россия, Орёл, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, [yokbed@gmail.com](mailto:yokbed@gmail.com)*

*Семенов Александр Евгеньевич, старший преподаватель Россия, Орёл, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, [semenow.ae@yandex.ru](mailto:semenow.ae@yandex.ru)*

## COMPUTER PROGRAM FOR THE OPTION OF THE MONITORING SYSTEM OF THE TECHNICAL STATE OF THE OVERHEAD POWER LINES

Vinogradov A.V., Sinyakov A. N., Semenov A. E.

Abstract: The option of the monitoring method of technical state of power lines affects the speed of accessing information on the state of power lines, power lines operating costs. The main monitoring methods are: the visual inspection by personnel outreach; the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV); the use of means of telemechanics. In practice, in most cases, a visual inspection is used, that increases the time and cost of power

lines monitoring. To select the most efficient method of monitoring of power lines it is necessary to know such initial data on the power lines as their extent, climatic conditions, landscape type and the type of consumers connected to the network. Various combinations of these factors influence the choice of a particular method of monitoring. The computer program RPM v 1.0 takes into account the combination of various factors. The program has an intuitive interface and can be used to perform a preliminary review of options for the method of power lines monitoring by power grid companies.

Keywords: power lines technical state monitoring, computer program for the option of the power lines monitoring method.

*Vinogradov Alexander, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russia, Orel, FSBEI HE Orel State Agrarian University [winaleksandr@rambler.ru](mailto:winaleksandr@rambler.ru).*

*Sinyakov Alexei Nikolaevich, the engineer-designer of "Set'stroi-M", undergraduate of the FSBEI HE Orel State Agrarian University, Russia, Orel, FSBEI HE Orel State Agrarian University, [vokbed@gmail.com](mailto:vokbed@gmail.com)*

*Semenov Alexander E., Senior Lecturer, Russia, Orel, , FSBEI HE Orel State Agrarian University, [semenow.ae@yandex.ru](mailto:semenow.ae@yandex.ru)*

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЯХ ЛКИ-301

Б.И. Деулин

ООО «Орбита», г. Орел

*Аннотация.* Твердотельные лазеры на красителях нашли самое широкое распространение в различных методах спектрального анализа. Проблеме улучшения их характеристик посвящено множество работ. В данной статье рассматривается вопрос автоматизации твердотельного лазера на органических красителях ЛКИ-301. Это осуществляется за счет использования активных лазерных элементов на эпоксиполимерах или пористых стеклах, выполненных в виде дисков, которые позволяют производить накачку «в одну точку», стойки-радиатора с автоматизированным приводом от шагового двигателя, перестраиваемого интерферометра с пьезоэлементом, управляемых с помощью компьютера.

*Ключевые слова:* лазер, краситель, автоматизация, шаговый двигатель, теплопроводность, стойка-радиатор, генератор импульсов.

**Введение.** В настоящее время загрязнение окружающей среды приняло глобальный характер. Одним из загрязнителей почв и водоемов являются тяжелые металлы, которые накапливаются в организме и могут явиться причиной онкологических заболеваний. Поэтому необходим анализ почв сельскохозяйственного назначения, а так же водоемов на предмет их загрязнения тяжелыми металлами. Данный вопрос можно решить, например, применением лазерного атомно-абсорбционного анализа. Одним из недостатков этого метода является разброс полос поглощения исследуемых элементов по спектру. Этот недостаток устраняется путем применения широкополосных лазеров на органических красителях.

**Анализ публикаций.** Перестраиваемые широкополосные лазеры в спектроскопии получили широкое распространение т.к. расширяют возможности различных методов контроля веществ и материалов. Особое значение занимают лазеры на органических красителях. Широкий набор красителей, выпускаемых промышленностью, позволяет охватить всю видимую область длин волн от, ближней инфракрасной до ближнего ультрафиолета.

Первоначально использовались лазеры на жидких растворах органических красителей. В качестве растворителя в них использовался этиловый спирт. Однако, лазерам на жидких растворах органических красителей присущи некоторые эксплуатационные недостатки, связанные с необходимостью прокачки красителя и возможностью испарения растворителя. Испарение растворителя может привести к взрыву, что особенно опасно в закрытых помещениях. Поэтому был проведен ряд исследований по внедрению органических красителей в твердотельные матрицы. Красители внедрялись в различные среды: в полиметилметакрилат, эпоксиполимеры, пористые стекла и т.д.

В 80-х годах XX века отечественная промышленность освоила выпуск твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301 с матрицей из полиметилметакрилата в виде диска, оптическая схема которого приведена на рис.1[1]. Матрицы из полиметилметакрилата обладают рядом недостатков: у них низкая теплопроводность; недостаточно высокое значение твердости, что затрудняет механическую обработку; они сильно поглощают излучение в ближней УФ – области, что вызывает определенные трудности при накачке от азотного лазера и ксеноновых ламп; у них низкая фотостойкость и ресурс; невысокая теплостойкость, что вызывает необходимость сканирования при накачке пучком света по поверхности лазерного элемента [2,3]. Такой способ накачки из-за возможности неравномерного распределения красителя в матрице и ее не равномерному нагреву приводит к нестабильности излучения лазера. Для обеспечения большей стабильности излучения лазера, накачка должна производиться «в одну точку».

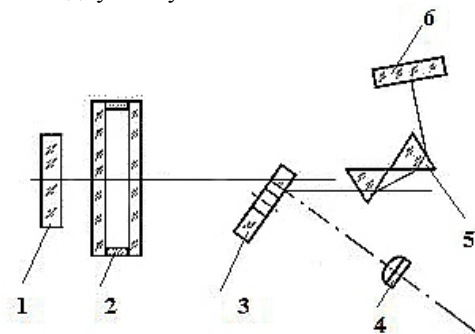


Рисунок 1 - Оптическая схема твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301: 1 – зеркало оптического резонатора; 2 – интерферометр; 3 – активный лазерный элемент; 4 – линза; 5 – призма; 6 - выходное зеркало оптического резонатора.

Эпоксиполимеры относятся к реактопластам, поэтому матрицы,

на их основе, обладают лучшей теплостойкостью по сравнению с полиметилметакрилатом, что расширяет интервал рабочих температур; большей теплопроводностью; большей твердостью. Эти свойства эпоксиполимеров позволили отказаться от сканирования лазерного элемента и проводить накачку «в одну точку» [2,3].

Для увеличения теплопроводности и твердости матриц органические красители внедрялись в пористые стекла [4].

В работах [1,2,4] было показано, что интенсивность люминесценции красителей зависит от температуры. С ростом температуры она уменьшается, рис. 2. Поэтому, для увеличения КПД лазера и увеличения ресурса активного лазерного элемента целесообразно применять меры по его охлаждению.

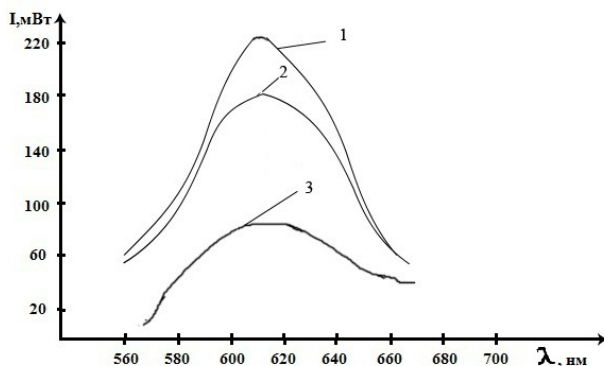


Рисунок 2 - Спектры люминесценции красителя родамина С в эпоксиолигомере ЭД-24 при разных температурах: 1 – при 39 °С; 2 – при 57 °С; 3 – при 115 °С

В работах [1,5] были представлены различные конструкции радиаторов для твердотельных лазерных элементов, выполненных в виде дисков. Общим недостатком этих конструкций является то, что они предназначены только для одного лазерного элемента. Поэтому, при смене диапазона работы лазера необходимо менять активный элемент, на что требуются определенные временные затраты. В работах [6,7] были представлены стойки-радиаторы для твердотельных лазерных элементов, выполненных в виде дисков с ручным и автоматическим управлением. Данные стойки, помимо охлаждения, позволяют более оперативно менять лазерные элементы, а, следовательно, изменять диапазон излучения лазера. Данные стойки могут использоваться для автоматизации лазера.

Изменение длины волны генерации лазера ЛКИ-301 в пределах



диапазона осуществляется вручную с помощью интерферометра 2, рис.1, путем изменения расстояния между его торцевыми зеркалами. Эту операцию можно осуществлять автоматически с помощью подачи напряжения, если использовать перестраиваемые интерферометры с пьезоэлементами. С их устройством и принципом работы можно ознакомиться в [8,9, 10].

**Цель и постановка задачи.** Целью данной работы является уменьшение временных затрат по проведению анализа проб спектральными методами на содержание в них вредных веществ.

**Достижение поставленной цели** осуществляется путем автоматизации твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301.

**Основной раздел.** Для уменьшения временных затрат на проведение анализов проб на наличие вредных веществ различными спектральными методами на рис.3 представлена функциональная схема автоматизированного твердотельного лазера на красителях. Данное устройство содержит: 1 – глухое зеркало; 2 – перестраиваемый интерферометр; 3 - стойка с активными лазерными элементами; 4 – линза; 5 – призма; 6 - выходное зеркало; 7 - светоделительное зеркало; 8 - фотопреобразователь; 9 – шаговый двигатель; 10 – светоделительное зеркало; 11 – фотоприемник; 12 – генератор пилообразных импульсов; 13 – электромагнитное реле; 14 – ключ; 15 – лазер накачки; 16 – счетчик импульсов; 17 – генератор прямоугольных импульсов; 18 – ключ; 19 – ключ; 20 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 21 – компьютер; 22 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Лазер работает следующим образом. Излучение от лазера накачки 15 через линзу 4 падает на активный лазерный элемент, находящийся в стойке 3. Под действием излучения накачки краситель в активном лазерном элементе люминесцирует. Глухое зеркало 1 и выходное зеркало 6 составляют оптический резонатор. Внутри него находится перестраиваемый интерферометр 2, который служит для выделения из широкополосного излучения люминесценции красителя, узкой линии выходного излучения лазера. Необходимое выходное излучение лазера внутри диапазона устанавливается за счет подачи на перестраиваемый интерферометр 2 с компьютера 21 через цифро-аналоговый преобразователь 20 требуемого уровня напряжения.

Призма 5 служит для поворота выходного излучения на требуемый угол.

Мощность выходного излучения лазера зависит от многих факторов: от типа красителя в активном лазерном элементе, от его температуры, типа лазера накачки и других параметров. Поэтому, при эксплуатации, целесообразно измерять его выходную мощность. Для этого предусмотрено светоделительное зеркало 7. С его помощь часть

выходного излучения (около 1%) подается на фотопреобразователь 8 и преобразуется в напряжение, которое через аналого-цифровой преобразователь 20 поступает на компьютер 21.

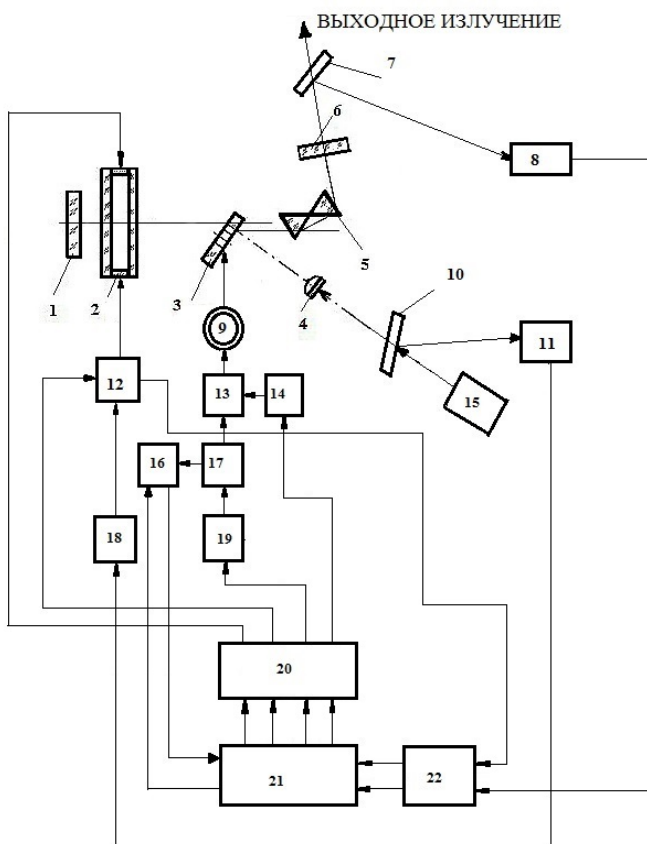


Рисунок 3 - Функциональная схема автоматизированного твердотельного лазера на красителях: 1 – глухое зеркало; 2 – перестраиваемый интерферометр; 3 – стойка с активными лазерными элементами; 4 – линза; 5 – призма; 6 – выходное зеркало 7 – светоделительное зеркало; 8 – фотопреобразователь; 9 – шаговый двигатель; 10 – светоделительное зеркало; 11 – фотоприемник; 12 – генератор пилообразных импульсов; 13 – электромагнитное реле; 14 – ключ; 15 – лазер накачки; 16 – счетчик импульсов; 17 – генератор прямоугольных импульсов; 18 – ключ; 19 – ключ; 20 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 21 – компьютер; 22 – аналого-

### цифровой преобразователь (АЦП)

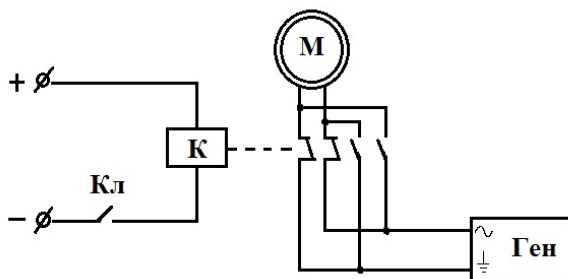
Для быстрого изменения длины волны в пределах диапазона с компьютера 21 через ЦАП 20 на генератор пилообразных импульсов 12 подается требуемый уровень напряжения. Для синхронизации по времени работы генератора пилообразных импульсов 12 с лазером накачки 15, часть излучения накачки (около 1%) с помощью светоделительного зеркала 10 подается на фотопреобразователь 11, который преобразует его в напряжение. Напряжение с фотопреобразователя 11 подается на ключ 18 с целью включения генератора пилообразных импульсов 12. Пилообразные импульсы с генератора 12 поступают на перестраиваемый интерферометр 2, в результате чего выходное излучение лазера за один импульс изменяется во всем диапазоне. Для контроля текущего значения длины волны выходного излучения лазера, с генератора 12 через ЦАП 22 на компьютер 21 поступает сигнал, соответствующий текущему значению напряжения пилообразного импульса.

Изменение диапазона длин волн генерации лазера осуществляется путем смены его активного элемента. Это может быть осуществлено за счет поворота барабана стойки 3 на требуемый угол. С устройством данных стоек можно ознакомиться в работах [6,7]. Поворот барабана стойки 3 происходит за счет вращения шагового двигателя 9. Для этого, с компьютера 21 подается сигнал через цифро-аналоговый преобразователь 20 на ключ 19 с целью его открытия. Ключ 19 включает генератор прямоугольных импульсов 17. Импульсы с генератора 17 поступают на контакты электромагнитного реле постоянного тока 13, к которому подключены выводы шагового двигателя 9. Будем считать, что для вращения шагового двигателя 9 по часовой стрелке выводы генератора импульсов 17 и шагового двигателя 9 подключены на нормально замкнутые контакты электромагнитного реле 13, рис.4.

Под действием импульсов генератора 17, шаговый двигатель 9 начинает осуществлять вращение барабана стойки 3. К генератору прямоугольных импульсов 17 подключен счетчик импульсов 16, с помощью которого можно контролировать угол поворота шагового двигателя 9. Данные со счетчика импульсов 16 поступают на компьютер 21. При повороте шагового двигателя 9 на требуемый угол, с компьютера 21 через цифро-аналоговый преобразователь 20 поступает сигнал на ключ 19 с целью его закрытия и выключения генератора 17, а так же на счетчик импульсов 16, для его обнуления.

При необходимости вращения шагового двигателя 9 против часовой стрелки с компьютера 21 через цифро-аналоговый преобразователь 20 поступает сигнал на ключ 14, который замыкает цепь катушки электромагнитного реле 13. В результате чего

электромагнитное реле 13 срабатывает. При этом нормально замкнутые контакты размыкаются, а нормально разомкнутые замыкаются. Далее с помощью компьютера 21 через цифро-аналоговый преобразователь 20 открывается ключ 19, который включает генератор прямоугольных импульсов 17. Теперь импульсы от генератора 17 поступают на нормально разомкнутые контакты электромагнитного реле 13, к которым подключается шаговый двигатель 9, рис. 4. Таким образом, меняется полярность импульсов поступающих на шаговый двигатель 9 и он начинает вращаться против часовой стрелки, осуществляя поворот барабана стойки 3. Для контроля угла поворота шагового двигателя 9 служит счетчик импульсов 16, подключенный к генератору прямоугольных импульсов 17. Данные со счетчика импульсов 16 поступают на компьютер 21. При повороте шагового двигателя 9 на требуемый угол с компьютера 21 через цифро-аналоговый преобразователь 20 поступает сигнал на ключ 19 с целью выключения генератора прямоугольных импульсов 17 и на ключ 14, который размыкает цепь катушки электромагнитного реле постоянного тока 13. Далее с компьютера 21 поступает сигнал на счетчик импульсов 16 с целью его обнуления.



Кл - ключ; К - катушка электромагнитного реле; М - шаговый двигатель; Ген - генератор импульсов

Рисунок 4 - Подключение шагового двигателя к генератору импульсов через электромагнитное реле

**Выводы.** Представленный в данной работе автоматизированный твердотельный лазер на красителях позволяет быстро изменять длину волны выходного излучения внутри диапазона, а так же изменять его диапазон в автоматическом режиме, что дает возможность ускорить проведение анализа проб на наличие в них искомых веществ различными спектральными методами.

1. Данное устройство может применяться самостоятельно или

как составная часть приборов для спектрального анализа.

### Список использованных источников:

1. Деулин, Б.И. Модернизация твердотельного лазера на органических красителях ЛКИ-301 / Б.И. Деулин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» №5 (301). – Орел. Издательство ОрелГТУ, 2013, с.145-149.

2. Деулин, Б.И. Сравнительные характеристики твердотельных лазеров на красителях с различными матрицами / Б.И. Деулин // Материалы VI Международной заочной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные, фундаментальные и прикладные исследования в области химии сельскохозяйственному производству». – Орел: ОрелГАУ, 2013, с. 162 - 166.

3. Крыжановский, В.К. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справочное пос / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская // . – СПб. Издательство «Профессия», 2003. – 240 с.

4. Земский, В. И. Физика и техника импульсных лазеров на красителях / В. И. Земский , Ю. Л. Колесников, И. К. Мешковский // . – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.–176 с.

5. Деулин, Б.И. Твердотельный лазер на органических красителях с мембранным радиатором / Б.И. Деулин, В.В. Филиппов // Волгоград: издательство ВолгГТУ, Известия ВолгГТУ, серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь», № 3(161), Т. 11, 2015. – С. 40–44.

6. Деулин, Б.И. Стойка-радиатор для твердотельного лазера на красителях / Б.И. Деулин, В.В. Филиппов // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение» № 5 (9), 2015. – С. 87-94.

7. Деулин, Б.И. Автоматизированная стойка для твердотельных лазерных элементов с мембранными радиаторами / Б.И. Деулин, В.В. Филиппов // Орел: издательство ОрелГАУ, «Агротехника и энергообеспечение» № 5 (9), 2015. – С. 95-101.

8. Findpatent [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/251/2517801.html>

9. Findpatent [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/209/2091732.html>

10. Большая Энциклопедия Нефти Газа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id558737p2.html>

*Деулин Борис Иванович*  
*ООО «Орбита», г. Орел. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

## AUTOMATION OF SOLID-STATE DYE LASERS LCI-301

Deulin B.I.

Abstract. The solid-state dye lasers are widely spread in various methods of spectral analysis. The problem of improving their performance has been widely discussed. This article discusses the automation of solid-state laser based on organic dyes LCI-301. This is accomplished through the use of active laser elements on epoxy resin or porous glass made in the form of discs, which allow pumping "at one point" of the stand-radiator with automated drive by a stepper motor, a tunable interferometer with piezo element controlled via computer.

Keywords: laser, dye, automation, stepper motor, thermal conductivity, stand-radiator, pulse generator.

*Deulin B.I., LLC «Orbita», Orel. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

# ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОСНАЩЕНИИ СОВРЕМЕННОГО АПК И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

УДК 621.824.32.004.67:621.793

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

В.Н. Логачев, А.А. Измалков

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

*Аннотация. В работе представлен технологический процесс восстановления коленчатых валов малогабаритных двигателей электродуговой металлизацией (ЭДМ), на примере коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400, который позволяет в 1,2 раза увеличить ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми [15]. Деталь восстанавливают путем механической обработки до удаления следов износа, предварительной обработки восстанавливаемых поверхностей, нанесения слоя материала методом электродуговой металлизации, с последующей черновой и чистовой механической обработкой для придания требуемых размеров и геометрической формы восстановленным поверхностям детали.*

*Ключевые слова: технология восстановления, коленчатый вал, износ, дефект, электродуговая металлизация, механическая обработка.*

**Введение.** Коленчатые валы двигателей Briggs&Stratton изготавливают из стали SA-29 1045 по американскому стандарту, и является аналогом по российскому стандарту 45Г2 ГОСТ 4543-71. Основными дефектами коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400 являются: износ шатунной шейки, износ поверхностей по подшипники, износ поверхностей под сальники.

Для получения данных по износам коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400 были произведены замеры изношенной детали. Для измерения износов использовали микрометр МКЦ-50-0,001 ГОСТ 6507-90 с ценой деления 0,001 мм. Результаты замеров коленчатого вала показали, что износ шатунной шейки достигает 0,35

мм на сторону, износы поверхностей по подшипники и сальники составляют 0,3 мм и 0,25 мм на сторону соответственно. По внешнему виду изношенные поверхности характеризуется наличием рисок и задигов (рисунок 1).

**Описание технологии.** Структурная схема разработанного технологического процесса восстановления коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400 представлена на рисунке 2. Восстанавливаемый коленчатый вал при поступлении в ремонт очищают от загрязнений, для этого используются шаберы и щетки, изготовленные из стальной проволоки диаметром не более 0,15 мм. Очистку ведут как вручную, так и с использованием пневматических или электрических дрелей, при этом следят за тем, чтобы не получить грубых рисок на рабочих поверхностях деталей [6]. После очистки остатки загрязнений удаляют в водных растворах синтетического моющего средства МС-6 с использованием погружных моечной машины ОМ-4262, позволяющих производить нагрев моющего раствора. При температуре раствора 70...80°C, продолжительность очистки обычно не превышает 3...5 мин. Затем коленчатый вал промывают в теплой воде, имеющей температуру не ниже 30...35°C, и высушивают [7].

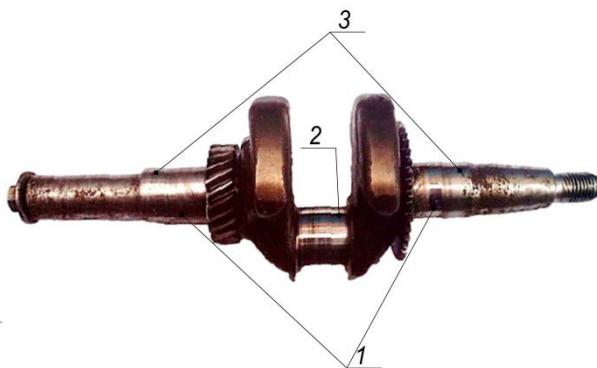


Рисунок 1 – Дефекты коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400: 1 – износ поверхностей под подшипники, 2 – износ шатунной шейки, 3 – износ поверхностей под сальники

После очистки деталь поступает на дефектацию. На данной операции коленчатый вал осматривают и проверяют на наличие дефектов.

Затем изношенные поверхности детали подвергают



механической обработке. Обработку проводят на токарно-винторезном станке типа 16К20 до удаления следов износа. Режимы обработки: глубина резания – 1 мм, подача – 0,3 мм/об, скорость резания – 230 м/мин, частота вращения шпинделя – 2500 мин<sup>-1</sup>.

Далее деталь подготавливают к ЭДМ. Для обеспечения наилучшей сцепляемости напыляемого материала с восстанавливаемыми поверхностями коленчатого вала проводят пескоструйную обработку. Для этого используют пескоструйный аппарат типа АПС-6, а в качестве материала применяют металлический песок.

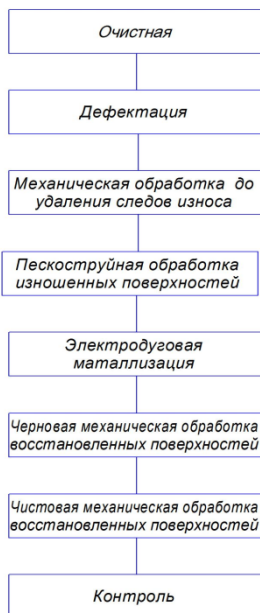


Рисунок 2 – Структурная схема технологического процесса восстановления коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400

Затем на подготовленную под ЭДМ поверхности наносят слой материала толщиной 1,5 мм на сторону. Для этого деталь устанавливается на токарно-винторезный станок (рисунок 3 а), при напылении шатунной шейки коленчатого вала используется специальное эксцентриковое приспособление. Для ЭДМ применяется сверхзвуковой электродуговой металлизатор ЭДМ-9ШД и сварочный выпрямитель ВДУ-506, а в качестве материала используется наплавочная проволока 50ХФА ГОСТ 10543-98 (рисунок 3 б). Это

позволит повысить износостойкость коленчатого вала и избежать коробления детали во время ЭДМ, так как нагрев поверхностного слоя коленчатых валов не превышает 100...120°С [1]. ЭДМ является технологически наиболее простым и продуктивным методом, не требующим дорогостоящего оборудования, и легко внедряется в производство [2], позволяет получать покрытия по качеству, не уступающему покрытиям, нанесенным плазменным и детонационным методами [3, 4]. Важным достоинством ЭДМ является возможность неоднократного проведения ремонта [11...15]. Металлизационные покрытия обладают значительной пористостью и маслостойкостью. Благодаря этим качествам ЭДМ-покрытия имеют антифрикционные свойства и высокую износостойкость [5...10]. Режимы обработки: диаметр проволоки – 2,0 мм, сила тока – 180 А, напряжение – 20 В, скорость напыления – 42 м/ч, скорость подачи проволоки – 80,3 м/ч, расстояние от точки скрещивания проволок до образца 160 мм.



Рисунок 3 – Процесс ЭДМ: а) – подготовка к процессу металлизации коленчатого вала, б) – нанесение ЭДМ-покрытия на коленчатый вал

Для придания требуемых размеров и геометрической формы напыленных поверхностей проводят механическую обработку. Черновую механическую обработку шатунной шейки, поверхностей под подшипники и сальники производят на токарно-винторезном станке типа 16К20. Режимы обработки: глубина резания – 1 мм, подача – 0,3 мм/об, скорость резания – 230 м/мин, частота вращения шпинделя – 2500 мин<sup>-1</sup>.

Чистовую обработку осуществляют на кругло-шлифовальном станке типа 3М151. В качестве рабочего инструмента используется круг шлифовальный ПП 300×25× 32 СМ12К ГОСТ 2424-83. Режимы обработки: глубина шлифования – 0,04 мм/проход, продольная подача – 0,25 мм/об, частота вращения шлифовального круга – 2000 мин<sup>-1</sup>,

частота вращения детали – 100 мин<sup>-1</sup>, окружная скорость шлифовального круга – 31,4 м/с.

Затем восстановленные детали поступают на контрольную операцию, где проверяют качество восстановления детали согласно требованиям ремонтного чертежа.

**Вывод.** Разработанная нами технология восстановления коленчатых валов на примере коленчатого вала двигателя Briggs&Stratton модели 115400 позволяет неоднократно восстанавливать деталь и увеличить ресурс восстановленных коленчатых валов в 1,2 раза по сравнению с новыми изделиями.

### **Список использованных источников:**

1. Исследование одного из прогрессивных методов восстановления изношенных поверхностей тел вращения автотракторной техники / Попов В.Н., Толстов А.В., Трякшин Е.С. // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2009. Т. 2. С. 279–283.

2. Порошковые проволоки серии ФМИ для электродугового напыления покрытий (обзор) / Похмурский В.И., Студент М.М., Гвоздецкий В.М., Похмурская А.В. // Автоматическая сварка. 2011. № 9 (701). С. 52–57.

3. Выбор оборудования для упрочнения и восстановления деталей автомобилей электродуговым напылением / Дудан А.В., Ворона Т.В., Довжук С.А., и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2014. № 11. С. 121–126.

4. Технологические особенности восстановления коленчатых валов компрессоров фреона электродуговой / Олефиренко Н.А., Овчинников В.В // Известия Московского государственного индустриального университета, 2012. № 1 (25). С. 27–31.

5. Исследование деталей электронасосов, упрочненных металлизацией, на износостойкость / Полетаев В.А., Третьякова Н.В., Карамов И.А. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2007. № 3. С. 56–58.

6. Упрочнение подшипниковых и поджимных обойм шестеренных насосов типа НШ-К микродуговым оксидированием, восстановленных сверхзвуковым электродуговым напылением / Логачев В.Н. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 5. С. 18–20.

7. Надёжность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина // М.: Колос, 2000. 776 С.

8. Улучшение физико-механических свойств покрытий

полученных электродуговой металлизацией / Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Логачев В.Н., Литовченко Н.Н., Пузряков А.Ф. // Строительные и дорожные машины. 2015. № 7. С. 25–29.

9. Активация процесса электродуговой металлизации жидким углеводородным топливом / Денисов В.И., Литовченко Н.Н., Логачёв В.Н., Толкачёв А.А. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 120. С. 160–165.

10. Электродуговая металлизация: пути совершенствования оборудования и технологии / Логачев В.Н., Литовченко Н.Н. // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 228–234.

11. Электродуговая металлизация – многоцелевой метод металлопокрытий и ее применение / Юданова А.В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2003. № 2. 323 С.

12. Исследование влияния технологических параметров электродуговой металлизации на микроструктуру и микротвердость покрытий / Стручков Н.Ф. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 173–175.

13. Влияние воздушного потока на качество электродугового напыления / Гусев В.М., Буклаков А.Г. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2010. Т. 3. С. 34–38.

14. Разработка установки электродуговой металлизации. Определение оптимальных режимов процесса металлизации / Некрасов А.Ю., Каратыш В.В. // Master's Journal. 2013. № 1. С. 128–139.

15. Восстановление деталей электродуговой металлизацией / Литовченко И.Н., Денисов В.И., Воробьев П.А., Юсим М.Ю. // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 2. С. 28–32.

*Логачев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, [logvovan@mail.ru](mailto:logvovan@mail.ru). Россия, Орел, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»*

*Измаков Александр Андреевич, магистр. Россия, Орел, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»*

## RESTORATION TECHNOLOGY OF CRANKSHAFTS OF SMALL ENGINES BY ARC SPRAYING

Logatchev V.N.

Izmalkov A.A.

**Abstract.** The paper presents the technological process of restoration of crankshafts of small engines by arc spraying, on the example of a engine crankshaft Briggs&Stratton, model 115400, which allows 1.2 times to increase resource of restored parts compared to new ones. The part is restored by mechanical processing to remove wear traces, by pre-treatment of restored surfaces, by applying material layer by arc spraying with subsequent rough and finish mechanical restoration to achieve the required dimensions and geometric shape of the restored surfaces of the part.

**Keywords:** restoration technology, crankshaft, wear, defect, arc spraying, mechanical restoration.

*Logatchev Vladimir Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, logvovan@mail.ru. Russia, Orel, FSBEI HE Orel State Agrarian University*

*Izmalkov Alexandr Andreevich, magistrate. Russia, Orel, FSBEI HE Orel State Agrarian University*

## Реклама в нашем журнале

### ВНИМАНИЕ!

Редакция **ЖУРНАЛА «АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ»** приглашает Вас к сотрудничеству.

Мы предлагаем разместить Вашу рекламу на страницах нашего журнала. Наши читатели (Россия и зарубежье) — учебные и научные учреждения, предприятия следующих отраслей деятельности:

- сельскохозяйственные предприятия;
- предприятия тяжелой и легкой, перерабатывающей промышленности;
- энергокомпании;
- отраслевые НИИ;
- научно-производственные объединения;
- учебные заведения;
- библиотеки.

■ **Каждый из номеров журнала распространяется более чем 500 адресатам.**

**Информацию о возможности размещения рекламной продукции и ценах Вы можете узнать в редакции журналов, а также у главного редактора.**

**Телефоны: 8202879024; 8(4862) 76-44-69.**

**Тел. (факс): 8(4862) 76-11-07**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР** – кандидат технических наук, доцент

**Александр Владимирович Виноградов**

**E-mail: [winaleksandr@vandex.ru](mailto:winaleksandr@vandex.ru)**

**Адрес:** 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.



**ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ  
ЛАБОРАТОРИЯ  
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»**

**при кафедре «Электроснабжение» Орловского ГАУ**  
г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, Орел ГАУ, ауд. 2-411

---

Передвижная электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» **проводит измерения и испытания в электроустановках до 1000В:**

1. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, проводов и кабелей;
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств;
3. Измерения сопротивления цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
4. Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»;
5. Проверка срабатывания устройств защитного отключения (УЗО);
6. Проверка срабатывания автоматических выключателей до 1000В.

Электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» зарегистрирована в Приокском управлении Ростехнадзора за №А10-14-888 от 20.10.2014г.

**Также предлагаем услуги:**

1. Проведение измерений качества электрической энергии.
2. Выполнение, редакция программ по энергосбережению, энергоаудит.
3. Монтаж электрооборудования.
4. Обслуживание электрохозяйства, подготовка документации по электрохозяйству.
5. Проведение курсов повышения квалификации по энергосбережению, электробезопасности, обучение по рабочей профессии «Электромонтер»
6. Выполнение проектов по электроснабжению.
7. Выполнение обследования состояния электропроводок.
8. Электротехнические расчеты.

**Наши контакты:**

**Руководитель:** Виноградов Александр Владимирович ( к.т.н.)

тел: 89202879024, E-mail: [winaleksandr@rambler.ru](mailto:winaleksandr@rambler.ru)

**инженер – метролог:** Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)

тел: 89208014190, E-mail: [maksimka-borodin@yandex.ru](mailto:maksimka-borodin@yandex.ru)

**инженер – метролог:** Семенов Александр Евгеньевич

тел: 89536130445, E-mail: [semenow.ae@yandex.ru](mailto:semenow.ae@yandex.ru)