ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 1 (38), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 1 (38), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – **А.В. Виноградов,** доктор технических наук, доцент, руководитель научного направления "Энергообеспечение АПК" ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, профессор кафедры "Электроснабжение" ФГБОУ ВО Орловского ГАУ.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

Васильев Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории электрофизического воздействия на сельскохозяйственные объекты и материалы ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Южанников 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 кафедры «Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

Шарупич Вадим Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАЭН, директор НИПИ «Градоагроэкопром».

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

Коношин Иван Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, начальник отдела продаж АО «Армада».

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ; заведующий отделом Управления перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

Жосан Артур Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭМТП и тракторы» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

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

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

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

Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

Гавриченко Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ.

Скобло Тамара Семеновна, доктор технических наук, профессор, академик Инженерной академии Украины, профессор кафедры «Технические системы ремонтного производства» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко.

Ковалев Михаил Михайлович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК).

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

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 77-78888, дата регистрации 28.08.2020.

Договор с РИНЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г. **ISSN 2410-5031**

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Адрес издателя: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, тел.: +7(4862) 76-14-51;факс: +7(4862) 76-06-64.

Адрес редакции: 302019, Орловская обл., г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 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: 19.04.2023г.

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2023 **Тираж 100 экз.** Распространяется бесплатно

16+

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ С ПОДПОЧВЕННЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛА 5

А.Б. Саъдуллаев, Ж.Д. Садыков, А.Г. Эшмуродов, М.М. Хидиров

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

СХЕМА УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА УЧАСТКИ 11

Гареев Т.В.[2], Букреев А.В.[1], Виноградова А.В. [1], Виноградов А.В.[1,2,3]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2]ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»

[3]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКЕ 17

Т.А. Файзиев, Ж.Д. Садыков, И.М.Файзуллаев

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ФЕРМЫ КРС С ПРИМЕНЕНИЕМ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 20

Виноградов А.В.[1], Виноградова А.В. [1], Букреев А.В. [1], Братанюк В.А.[2]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2]ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ, ПИТАЮЩИХ АПК 31

Кожевников В.Е., Зацепина В.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЦ 36

Артамонов И. В., Зацепина В. И.

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ 41

Ж.Д. Садыков, И.М. Файзуллаев, Ш.Й. Саматова

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ 44
Ж.Д. Садыков, С.М. Хужакулов, И.Муродов, С.Ю. Чориева
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ ФЕРМ КРС 49
И.В. Комков, И. М. Довлатов
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ХОДА МАШИНЫ ПО ШИРИНЕ ЗАХВАТА НАЗЕМНЫМ СПОСОБОМ И С ПОМОЩЬЮ БВС 55
Фокин А.М., Курбанова Е.С.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ г. Москва, Россия

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ 62
Брагин А.Д, Кудрявцев А.В
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, Россия, г. Тверь

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ 69
Хараев Г.И.[1], Аносова А.И.[2]
[1]ФГБОУ ВО «ВСГУТУ»
[2]ФГБОУ ВО «ИрГАУ»

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА СБОРОЧНЫХ УЧАСТКАХ 74
Н. И. Мозговой, Чивас В.С.
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДВУХПОЗИЦИОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ 81
К.Н. Лебедев, П.К. Лебедев
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 681.511:628.8:631.544.41:662.977:621.355:631.588.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ С ПОДПОЧВЕННЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛА

А.Б. Саъдуллаев, Ж.Д. Садыков, А.Г. Эшмуродов, М.М. Хидиров

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация: *На основе аналитического способа разработана математическая модель процесса тепло-и массообмена в гелиотеплицах-сушилках в режиме теплица. Показана возможность аппроксимации сложных передаточных функций более простыми, удобными для практических целей. Полученная система дифференциальных уравнений вполне описывает теплообменные процессы в гелиотеплице и аккумуляторах тепла. Время запаздывания регулируемой величины в аккумуляторах тепла из-за незначительности по сравнению с временем переходных процессов не учитывается.*

Ключевые слова: *солнечная установка, температура, математическая модель, тепло-и массообмена, аккумулятор тепла.*

Введение. В настоящее время применение новых инновационных технологий и методов создает возможность для поиска оптимальных условий проектирования сложных теплотехнических объектов и процессов. Создание и реализации эффективных систем автоматического управления и регулирования динамической характеристики гелиотеплицы требует решения вопроса разработки математической модели процесса тепло-и массообмена происходящего в сооружении как объекта автоматического управления. Несмотря на существенное развитие методов моделирования и управления сложными теплотехническими объектами, к настоящему времени не нашли широкого применения. Известно, что **г**елиотеплица является сложным объектом с распределенными параметрами, в котором одновременно протекают теплообменные и массообменные процессы [1,2].

Основная часть. Определение динамических характеристик объекта может быть достигнуто либо экспериментальным, либо аналитическим методом. В данной работе выбрали аналитический метод исходя из следующих соображений:

1. Ни в одной из функционирующих и рекомендуемых гелиотеплиц до сих пор нет даже неавтоматизированных устройств для поддержания необходимого микроклимата, принудительной вентиляции обогрева.

2. Количество типов гелиотепличных построек весьма велика, причем типовые проекта отсутствует (строится преимущественно по индивидуальному заказу) и постройки имеют существенные различия (по конструкциям, по применяемым аккумуляторам тепла и.т.д.). Эти различия в значительной мере определяют динамику объекта регулирования.

3. Аналитический метод позволяет получить динамические характеристики разработанной, но еще не построенной гелиотеплицы, а поэтому можно конструировать регулятор микроклимата одновременно с проектированием сооружения.

Динамические характеристики гелиотеплиц будем находить в форме передаточных функций. Подобная задача впервые применительна к гелиотеплице была решена в [4]. Однако в этой работе во-первых не учитывается такой важный параметр микроклимата как влажность, во-вторых для упрощения вывода и понижения порядка степени дифференциального уравнения описывающего теплообменные процессы гелиотеплицы, рассматривается как двухемкостный объект регулирования температуры. Не учтены такие особенности гелиотеплицы как:

а) гелиотеплица - это сооружение с интенсивным выделением водянных паров, он зависит от внутренней температуры;

б) сооружение имеет большую поверхность испарения воды из почвы, поступающей по отношению в микроклимату извне (полив и другие.);

в) при анализе динамики температурного режима гелиотеплицы недостаточно учитывать лишь теплоаккумулирующие свойства подпочвенного аккумулятора и внутреннего воздуха, как это принято в работе [3].

Ввиду того, что порядок дифференциального уравнения описывающего температуру воздуха в гелиотеплицы, определяется числом теплоаккумулирующих веществ, то порядок уравнения для гелиотеплицы данной конструкции [3] равен шести (если учесть теплоемкость внутреннего воздуха, водяного и подпочвенного аккумулятора тепла, почву, растительного покрова и светопрозрачного ограждения).

Для температурного режима получим процессы изменения температуры, независящие друг от друга, для которых находятся передаточные функции. Во многих практических расчетах энергетического режима гелиотеплиц теплоаккумулирующими способностями светопрозрачного ограждения принебрегают из-за ее относительно незначительностью по сравнению с другими емкостями сооружения. Поэтому при составлении дифференциального уравнения гелиотеплицы в целом составляем уравнения теплообмена. При этом учитываем следующие факторы:

а) поступление тепла за счет радиации;

б) тепловыделение почвы;

в) теплопотери через светопрозрачные ограждения;

г) тепло потери с рециркулируемым воздухом;

д) затраты тепла на испарение влаги с почвы и растительности.

Там же приводится тепловой баланс каждого теплоаккумулирующего элемента. Он включает поступление тепла от внутреннего воздуха, потерю тепла в процессе теплопередачи и аккумулирование тепла водяным и подпочвенным аккумуляторами. Найдем аналитические выражения для отдельных слагаемых систем уравнения (1).

Потери тепла через светопрозрачные ограждения находим по известной формуле [5]:

$$Q_C = \sum_{i=1}^{n} K_i F_i (\theta_0^B - \theta_0^H); \qquad (1)$$

где K_i -коэффициент теплопередачи i-го нетеплоемкого элемента;

F_i -величина теплопередающей поверхности этого элемента;

θ_0^H -наружная температура.

Тепло, отдаваемое рециркулируемым воздухом равно теплоемкости всего воздуха, проходящего через водяной и подпочвенной аккумуляторы тепла, поступающего в сооружение в единицу времени, т. е.

$$Q_3^{РЦ} = C_B L_{BX}(\theta_3^{РЦ} - \theta_0^B); \qquad (2)$$

где L_{BX} -часовая производительность вентилятора (по весу);

C_B -удельная теплоемкость воздуха;

$\theta_3^{РЦ}$ -температура воздуха на выходе из подпочвенного аккумулятора тепла;

Потери тепла на инфильтрацию:

$$Q^{ИНФ} = C_B G_B^{ИНФ}(\theta_0^B - \theta_0^H)F_C; \qquad (3)$$

где $G_B^{ИНФ}$ -количество воздуха, поступившего в сооружение инфильтрацией через единицу площади ограждения в единицу времени;

F_C -площадь неплотности ограждений.

Затраты тепла на нагрев вентиляционного воздуха

$$Q^{ВЕНТ} = C_B G_{BX}(\theta_0^B - \theta_0^H); \qquad (4)$$

где G_{BX} -весовой расход приточного (вентиляционного воздуха).

Тепло, аккумулируемое стенами подсобного помещения и другими строительными конструкциями:

$$Q_{ПП}^{СТ} = MV \cdot \frac{d\theta_0^B}{dt}; \qquad (5)$$

где M -коэффициент, характеризующий теплоаккумулирующую способность стен подсобного помещения и других строительных конструкций, и оборудования при изменении температуры воздуха на 1°С; V -объем сооружения по внутреннему обмеру.

В целом уравнение теплового баланса внутреннего воздуха в развернутом виде имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} C_B G_B \frac{d\theta_0^B}{dt} &= \alpha_П F_П \theta_П + \alpha_P F_P \theta_P - (\alpha_П F_П + \alpha_P F_P + \sum_{i=1}^{n} K_i F_i + C_B L_{BX} + C_B G^{ИНФ} F_C + C_B G_{BX}^{ВЕНТ})\theta_0^B + \\ &+ (\sum_{i=1}^{n} K_i F_i + C_B G_{BX}^{ВЕНТ} + C_B G_B^{ИНФ} F_C)\theta_0^H + C_B L_{BX} \theta_3^{РЦ} + Q^{РАД} + \Delta Q_{ЭН}^{РЕГ} - MV \cdot \frac{d\theta_0^B}{dt}; \end{aligned} \qquad (6)$$

где $\alpha_П, \alpha_P$ -коэффициенты теплоотдачи почвы и растения;

$F_П, F_P$ -площадь поверхности почвы и растения. После некоторых преобразований и имея ввиду при зарядке и разрядке подпочвенного аккумулятора тепла получим полную систему дифференциальных уравнений описывающая динамику регулируемого объекта [5-6]:

$$\begin{cases} T_0 \dfrac{d\Delta\theta_0^B}{dt} + \Delta\theta_0^B = K_{H_1}\Delta\theta_0^H + K_{H_2}\Delta q^* + K_{01}\Delta\theta_П + K_{02}\Delta\theta_P + K_{03}\Delta\theta_3^{РЦ} + K_{РЕГ}\Delta\theta_{РЕГ}; \\ T_1 \dfrac{d\Delta\theta_П}{dt} + \Delta\theta_П = K_{11}\Delta\theta_0^B + K_{12}\Delta q^*; \\ T_2 \dfrac{d\Delta\theta_P}{dt} + \Delta\theta_P = K_{21}\Delta\theta_0^B + K_{22}\Delta q^*; \\ T_3 \dfrac{d\Delta\theta_{01}^B}{dt} + \Delta\theta_{01}^B = \pm K_{31}(K_{31}^{'})\Delta\theta_0^B + K_{32}\Delta\theta^Ж; \\ T_4 \dfrac{d\Delta\theta^Ж}{dt} + \Delta\theta^Ж = \Delta\theta_0^B; \\ T_5 \dfrac{d\Delta\theta_3^{РЦ}}{dt} + \Delta\theta_3^{РЦ} = \pm K_{51}(K_{51}^{'})\Delta\theta_{01}^B + K_{52}\Delta\theta_{НАС}; \\ T_6 \dfrac{d\Delta\theta_{НАС}}{dt} + \Delta\theta_{НАС} = \Delta\theta_{01}^B; \end{cases} \quad (7)$$

Полученная система дифференциальных уравнений (7) вполне описывает теплообменные процессы в гелиотеплице и аккумуляторах тепла. Переходя к операторной форме записи для системы (7) и решая совместно систему уравнений находим искомые передаточные функции для регулирования температуры по каналам возмущения и регулирования. Промежуточные выкладки из-за грамоздкости опускаем, и приводим окончательные результаты преобразований. Время запаздывания регулируемой величины в аккумуляторах тепла из-за незначительности по сравнению с временем переходных процессов учитывать не будем.

Передаточная функция температуры по каналу регулирования:

$$W_{\theta_P}(P) = \frac{\tau_{21}^6 P^6 + \tau_{22}^5 P^5 + \tau_{23}^4 P^4 + \tau_{24}^3 P^3 + \tau_{25}^2 P^2 + \tau_{26} P + K_{0P}}{T_{01}^7 P^7 + T_{02}^6 P^6 + T_{03}^5 P^5 + T_{04}^4 P^4 + T_{05}^3 P^3 + T_{06}^2 P^2 + T_{07} P + K_C}; \quad (8)$$

Передаточная функция температуры по каналу наружной температуры на входе - температура внутреннего воздуха на выходе :

$$W_{\theta_H}(P) = \frac{\tau_{01}^6 P^6 + \tau_{02}^5 P^5 + \tau_{03}^4 P^4 + \tau_{04}^3 P^3 + \tau_{05}^2 P^2 + \tau_{06} P + K_{H1}}{T_{01}^7 P^7 + T_{02}^6 P^6 + T_{03}^5 P^5 + T_{04}^4 P^4 + T_{05}^3 P^3 + T_{06}^2 P^2 + T_{07} P + K_C}; \quad (9)$$

Передаточная функция температуры по каналу солнечной радиации на входе - температура внутреннего воздуха на выходе:

$$W_{q^*}(P) = \frac{\tau_{11}^6 P^6 + \tau_{12}^5 P^5 + \tau_{13}^4 P^4 + \tau_{14}^3 P^3 + \tau_{15}^2 P^2 + \tau_{16} P + K_q}{T_{01}^7 P^7 + T_{02}^6 P^6 + T_{03}^5 P^5 + T_{04}^4 P^4 + T_{05}^3 P^3 + T_{06}^2 P^2 + T_{07} P + K_C}; \quad (10)$$

где T_{01}, T_{02}, T_{03}, T_{04}, T_{05}, T_{06}, T_{07}, K_C, τ_{01}, τ_{02}, τ_{03}, τ_{04}, τ_{05}, τ_{06}, τ_{11}, τ_{12}, τ_{13}, τ_{14}, τ_{15}, τ_{16}, K_q, τ_{22}, τ_{23}, τ_{24}, τ_{25} и τ_{26} определяются однозначна через теплофизические и конструктивные параметры воздуха сооружения и аккумуляторов тепла. Аналитические выражения для их определения приведены в работе [1].

Полученные передаточные функции по каналам управления и возмущения в инженерном отношении являются громоздкими для использования практических целей. Поэтому, по результатам экспериментальных разгонных характеристик объекта управления передаточные функции по основным и перекрестным каналам аппроксимировали следующими передаточными функциями используя методы приведенные в работе [1].

$$W_{11}(p) = W_{\theta_P}(P) = \frac{T_2 P + 1}{T_0^2 P^2 + T_1 P + 1}; \qquad (11)$$

$$W_{22}(p) = W_{X_P}(P) = \frac{a(1 - T_3 P)}{T_{01}^2 P^2 + T_{11} P + 1}; \qquad (12)$$

$$W_{21}(p) = \frac{b_1}{(C_1 P + 1)(C_2 P + 1)}; \qquad (13)$$

$$W_{12}(p) = \frac{b_2}{(T_{02}^2 P^2 + T_{12} P + 1)}; \qquad (14)$$

Для конкретной [3] гелиотеплицы получены следующие значения коэффициентов передаточных функций:

$$T_0^2 = 151; \quad T_1 = 10{,}22; \quad T_2 = 4{,}37; \quad a = 1{,}54; \quad T_{01}^2 = 1152; \quad T_{11} = 108;$$

$$T_3 = 141{,}6;$$

$$b_1 = 0{,}5; \quad C_1 = 96; \quad C_2 = 12; \quad b_2 = 1{,}54; \quad T_0^2 = 151; \quad T_{12} = 29{,}52;$$

Выводы. Данный метод позволяет получить динамические характеристики при проектировании и автоматического регулирования гелиотеплицы, а так же является важным преимуществом для его практического использования.

Список использованных источников:

1. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Б. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад, 1983 г., 85 с.

2. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. Ташкент, Фан, 1990 г., 194 с.

3. Исаев С.М. К вопросу аналитического определения удельного влагосодержания воздуха гелиотеплицы. Сб.научно-теоретической конференции в честь 600-летия Мирзо Улугбека. Карши., 1994 г. Т.4., 28-32 с.

4. Хайриддинов Б.Э., Исаев С.М., Аширбаев М.У. Математическая модель блочной гелиотеплицы-сушилки с подпочвенным аккумулятором тепла. // Гелиотехника. 1990. №5. 80-83 с.

5. Симою М.П. Определение коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев систем регулирования. //Автоматика и телемеханика. 1957. №6.

6. Симою М.П. Определение передаточных функций по временным характеристикам линеаризованных систем. //Приборостроение. 1958. №3.

Саъдуллаев Аловиддин Бобакулович –к.ф-м.н., доцент,

Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru,
Эшмуродов Азамат Гузорович, старший преподаватель,
Хидиров Мираббос Мирзаёрович, преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATIC CONTROL OF THE TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME OF A SOLAR CELL WITH A SUBSURFACE HEAT ACCUMULATOR

Sadullaev Aloviddin Bobakulovich, Sadykov Jamal Jabbarovich, Eshmurodov Azamat Guzorovich, Hidirov Mirabbos Mirzaerovich

Abstract: Based on the analytical method, a mathematical model of the heat and mass transfer process in solar heat dryers in the greenhouse mode has been developed. The possibility of approximating complex transfer functions by simpler, convenient for practical purposes is shown. The resulting system of differential equations fully describes the heat exchange processes in the solar cell and heat accumulators. The delay time of the adjustable value in heat accumulators is not taken into account due to its insignificance compared to the time of transients.

Keywords: solar installation, temperature, mathematical model, heat and mass transfer, heat accumulator.

Sadullaev Aloviddin Bobakulovich, candidate of physics and mathematics, associate professor,
Sadykov Jamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Eshmurodov Azamat Guzorovich, senior lecturer,
Hidirov Mirabbos Mirzaerovich, lecturer,
Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 621.316.31:621.316.1

СХЕМА УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА УЧАСТКИ

Гареев Т.В.[2], Букреев А.В.[1], Виноградова А.В. [1], Виноградов А.В.[1,2,3]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2]ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»
[3]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Аннотация. *Секционирование и резервирование электрических сетей 0,4 кВ – один из способов повышения эффективности систем электроснабжения сельского хозяйства, повышения надёжности электроснабжения сельских потребителей, снижения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях. Существует необходимость разработки новых устройств секционирования, обладающих сниженной стоимостью по сравнению с существующими и позволяющих дополнить, расширить возможности применения существующих устройств. Одним из таких средств секционирования является устройство деления электрической сети на участки (УДС). Ранее разработаны структурная схема УДС, принципы его применения в сельских электрических сетях 0,4 кВ, алгоритм работы. В настоящей работе разработана электрическая схема устройства, выполнено её описание. Данная схема позволяет реализовать алгоритмы работы УДС, а применение устройства – повысить надёжность электроснабжения потребителей.*

Ключевые слова: *электроснабжение, секционирование и резервирование, устройство секционирования, устройство деления сети, электрические сети 0,4 кВ, электрическая схема.*

Введение.

Управление конфигурацией распределительных электрических сетей является актуальным направлением повышения эффективности систем электроснабжения сельского хозяйства, повышения надёжности электроснабжения сельских потребителей, снижения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях. Эти и другие вопросы управления конфигурацией электрических сетей рассмотрены в работах отечественных и зарубежных авторов [1 - 7].

Одним из устройств секционирования и резервирования сельских электрических сетей 0,4 кВ является устройство деления электрической сети (УДС). [8]. Его усовершенствованная структурная схема, алгоритм работы, особенности применения рассмотрены в работах [9 - 11]. В данных работах указана необходимость разработки УДС с целью снижения стоимости устройств секционирования, обеспечения возможности применения других устройств секционирования и резервирования, предотвращения фактов несанкционированной подачи напряжения в электрические сети, для других целей [9 - 11].

Устройство деления электрической сети на участки позволяет проводить секционирование линии электропередачи, обеспечивает информирование диспетчера сети об отключениях как самого устройства с указанием причин, так и о параметрах режимов работы электрической сети в точке установки устройства.

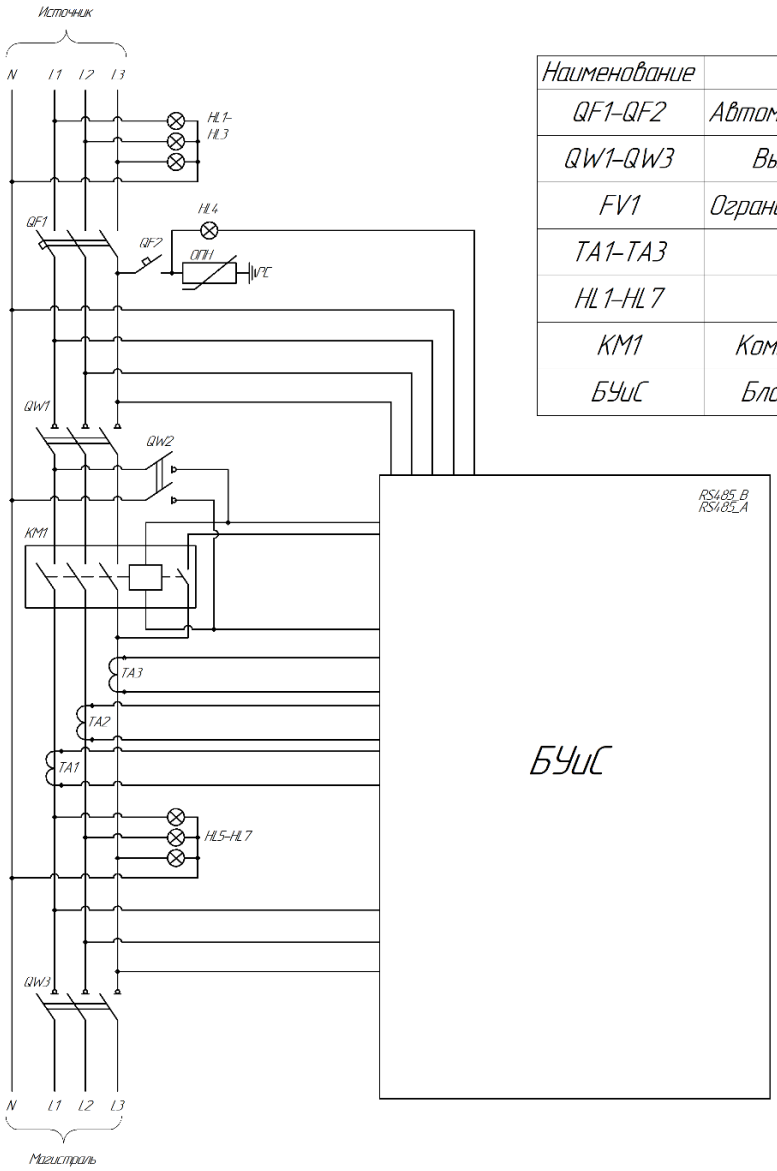
За счет устройства повышаются возможности автоматизации электрических сетей 0,4 кВ, особенно с учетом интеграции устройства в связанную работу с другими устройствами,

установленными в электрической сети. В конечном итоге применение устройства деления электрической сети на участки повышает наблюдаемость электрической сети и ее управляемость, способствуя сокращению времени перерывов в электроснабжении потребителей при аварийных отключениях и при плановом обслуживании линии электропередачи.

Материалы и методы. В работе применялся литературный обзор, методы инженерной деятельности. Электрическая схема устройства разрабатывалась на основе структурной схемы, приведённой в [9].

Результаты и обсуждение.

На рисунке 1 показана разработанная электрическая схема УДС.



Наименование	Оборудование	Кол-во, шт.
QF1–QF2	Автоматический выключатель	2
QW1–QW3	Выключатель нагрузки	3
FV1	Ограничитель перенапряжения	1
TA1–TA3	Датчики тока	3
HL1–HL7	Сигнальные лампы	7
KM1	Коммутационный аппарат	1
БУиС	Блок управления и связи	1

Рисунок 1 – Электрическая схема УДС

Устройство деления электрической сети на участки содержит: QF1-QF2 – автоматические выключатели, QW1-QW3 - выключатели нагрузки, FV1 – ограничитель перенапряжения, TA1-TA3 – датчики тока, HL1-HL7 – сигнальные лампы, KM1– коммутационный аппарат, БУиС – блок управления и связи.

Основным элементом устройства деления электрической сети на участки является блок управления и связи БУиС, который планируется выполнить в пластиковом корпусе с

отверстиями для клеммников. Корпус приспособлен для крепления на стандартную 35 мм Din–рейку. Материал корпуса – пластик PETG.

Устройство устанавливается в разрыв линии электропередачи в расчётном месте, которое определяется в зависимости от непосредственного назначения устройства, например, по методике, приведённой в [12]

Выключатели нагрузки QW1, QW3 служат для создания разрыва между КМ1 и участками ЛЭП до и после устройства секционирования. QW2 необходим для ручного включения/отключения КМ1, например, для обслуживания устройства, или участка ЛЭП за ним. Датчики тока ДТ1-ДТ3 осуществляет контроль тока, протекающего через силовую цепь устройства и передают данные о значении тока в БУиС. Датчик напряжения ДН4 осуществляет контроль напряжения до и после КМ1 и передаёт данные о значении напряжения в БУиС. Сигнальные лампы HL1-HL3 сигнализирует о наличии/отсутствии напряжения на вводе устройства, HL5-HL7 сигнализирует о наличии/отсутствии напряжения после КМ1, HL4 сигнализирует о наличии/отсутствии питания БУиС.

В БУиС заложены алгоритмы управления устройством секционирования [11], а также мониторинга параметров режимов работы электрической сети в точке установки устройства. По соотношению значений напряжения до и после КМ1, значения тока определяет случаи отключения напряжения на головном участке ЛЭП (напряжение исчезнет с двух сторон от КМ1 при отсутствии тока КЗ), случаи отказа КМ1 (напряжение исчезнет после КМ1, ток короткого замыкания отсутствовал), ручного отключения устройства и другие. На основании этого БУиС формирует, при необходимости, команды управления КМ1, сообщения для системы телемеханики электрической сети.

БУиС имеет встроенный порт RS-485. Контакты разъема выведены на клеммы. Порт предназначен для: организации связи с другими устройствами по интерфейсу RS-485 по протоколу ModBus в режиме Slave; для связи с ПК. Необходимо использовать преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232 или RS-485/USB. По умолчанию порт RS-485 имеет следующие сетевые настройки: скорость: 19200 бит/с; длина слова данных: 8 бит; контроль четности: отсутствует; адрес: 1.

Получая информацию об результатах работы УДС в сети, диспетчер сети оперативно принимает решение о дальнейших действиях, что позволяет сократить время перерывов в электроснабжении потребителей. разработанная схема позволяет предотвратить необоснованные перерывы в электроснабжении потребителей и повышает электробезопасность, обеспечивая отключение удалённых токов коротких замыканий, выделяя повреждённый участок. Возможность ручного отключения УДС позволяет повысить электробезопасность и сократить перерывы в электроснабжении потребителей при плановом ремонте и обслуживании участка ЛЭП за УДС при его использовании для секционирования, или с обеих сторон от устройства при его применении в кольцевой сети [9].

Выводы.

Обзор литературы выявил актуальность разработки устройств секционирования электрических сетей, в том числе устройства деления электрической сети на участки. Ранее разработаны структурная схема УДС, принципы его применения в сельских электрических сетях 0,4 кВ, алгоритм работы. В настоящей работе разработана электрическая схема устройства, выполнено её описание. Данная схема позволяет реализовать алгоритмы работы УДС, а применение устройства – повысить надёжность электроснабжения потребителей.

Библиографический список

1. Prakash D.B., Lakshminarayana C. Multiple DG placements in radial distribution system for multi objectives using Whale Optimization Algorithm // Alexandria Engineering Journal. Elsevier, 2018. Vol. 57, № 4. P. 2797–2806.
2. Conti S. Analysis of distribution network protection issues in presence of dispersed generation // Electric Power Systems Research. Elsevier, 2009. Vol. 79, № 1. P. 49–56/
3. Lueken C., Carvalho P.M.S., Apt J. Distribution grid reconfiguration reduces power losses and helps integrate renewables // Energy Policy. Elsevier, 2012. Vol. 48. P. 260–273.
4. Taleski R., Rajičić D. Distribution network reconfiguration for energy loss reduction // IEEE Transactions on Power Systems. 1997. Vol. 12, № 1. P. 398–406.
5. Carvalho P.M.S., Correia P.F., Ferreira L.A.F.M. Mitigation of interruption reimbursements by periodic network reconfiguration: Risk-based versus expected-value optimization // IEEE Transactions on Power Systems. 2007. Vol. 22, № 2. P. 845–850.
6. Kashem M.A., Ganapathy V., Jasmon G.B. Network reconfiguration for enhancement of voltage stability in distribution networks // IEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution. 2000. Vol. 147, № 3. P. 171–175.
7. Виноградов А.В. Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации. Монография. — Орёл: изд-во «Картуш», 2022. — 392 с..
8. Патент № 2767501 Российская Федерация, МПК H02B 7/00. Устройство секционирования линии электропередачи / Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Псарев А.И., Бородин М.В,, Лансберг А.А,, Панфилов А.А., Седых И.А. // Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2021115792, заявлено 02.06.2021; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8
9. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Гареев Т.В. Совершенствование схемы устройства секционирования линии электропередачи 0,4 кВ. Агротехника и энергообеспечение. – 2022. – №2 (35). – С. 5-13.
10. Виноградова А.В., Виноградов А.В. Устройство деления электрической сети и вариант его применения // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. N2(47). С. 42-46. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-42-46. EDN GTUDIY.
11. Большев В.Е., Виноградова А.В., Виноградов А.В., Букреев А.В., Сорокин Н.С. Алгоритм работы устройства деления электрической сети // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. N3(48). С. 36-42. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-36-42. EDN HYSLHN.
12. Vinogradova, A., Vinogradov, A., Bolshev, V., Izmailov, A., Dorokhov, A., & Bukreev, A. Allocation of 0.4 kV PTL Sectionalizing Units under Criteria of Sensitivity Limits and Power Supply Reliability //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 24. – С. 11608. https://doi.org/10.3390/app112411608.

Bibliography

1. Prakash D.B., Lakshminarayana C. Multiple DG placements in radial distribution system for multi objectives using Whale Optimization Algorithm // Alexandria Engineering Journal. Elsevier, 2018. Vol. 57, No. 4. P. 2797–2806.

2. Conti S. Analysis of distribution network protection issues in the presence of dispersed generation // Electric Power Systems Research. Elsevier, 2009. Vol. 79, No. 1. P. 49–56/

3. Lueken C., Carvalho P.M.S., Apt J. Distribution grid reconfiguration reduces power losses and helps integrate renewables // Energy Policy. Elsevier, 2012. Vol. 48. P. 260–273.

4. Taleski R., Rajičić D. Distribution network reconfiguration for energy loss reduction // IEEE Transactions on Power Systems. 1997 Vol. 12, No. 1. P. 398–406.

5. Carvalho P.M.S., Correia P.F., Ferreira L.A.F.M. Mitigation of interruption reimbursements by periodic network reconfiguration: Risk-based versus expected-value optimization // IEEE Transactions on Power Systems. 2007 Vol. 22, No. 2. P. 845–850.

6. Kashem M.A., Ganapathy V., Jasmon G.B. Network reconfiguration for enhancement of voltage stability in distribution networks // IEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution. 2000 Vol. 147, No. 3. P. 171–175.

7. Vinogradov A.V. Principles of configuration management of rural electrical networks and technical means of their implementation. Monograph. - Eagle: publishing house "Kartush", 2022. - 392 p ..

8. Patent No. 2767501 Russian Federation, IPC H02B 7/00. Power line sectioning device / Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Bukreev A.V., Psarev A.I., Borodin M.V., Lansberg A.A., Panfilov A.A., Sedykh I. A. // Applicant and patent holder FGBNU FNATS VIM. – Application 2021115792, submitted on 06/02/2021; publ. 03/17/2022, Bull. No. 8

9. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Gareev T.V. Improving the scheme of the device for sectioning the power line 0.4 kV. Agricultural technology and energy supply. - 2022. - No. 2 (35). - P. 5-13.

10. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V. The device for dividing the electrical network and a variant of its application // Electrical technologies and electrical equipment in the agroindustrial complex. 2022. V. 69. N2(47). pp. 42-46. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-42-46. EDN GTUDIY.

11. Bolshev V.E., Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Bukreev A.V., Sorokin N.S. Algorithm for the operation of the device for dividing the electrical network // Electrotechnologies and electrical equipment in the agrarian and industrial complex. 2022. Vol. 69. N3(48). pp. 36-42. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-36-42. EDN HYSLHN.

12. Vinogradova, A., Vinogradov, A., Bolshev, V., Izmailov, A., Dorokhov, A., & Bukreev, A. Allocation of 0.4 kV PTL Sectionalizing Units under Criteria of Sensitivity Limits and Power Supply Reliability // Applied Sciences. - 2021. - T. 11. - No. 24. - P. 11608. https://doi.org/10.3390/app112411608.

Александр Владимирович Виноградов, д.т.н., доцент, руководитель научного направления, заведующий лабораторией электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, профессор кафедры «Электроснабжение» Орловского ГАУ, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева winaleksandr@gmail.com

Алексей Валерьевич Букреев, к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, skiffdark@mail.ru

Алина Васильевна Виноградова, к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, alinawin@rambler.ru

Тимур Валерьевич Гареев, магистрант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, roshal15@mail.ru

ELECTRICAL SCHEME OF THE DIVISION DEVICE ELECTRIC NETWORK TO THE PLOTS

Vinogradov A.V.[1,2], Bukreev A.V.[1], Vinogradova A.V. [1], Gareev T.V.[2]

[1]FGBNU FNATS VIM
[2]FGBOU VO "RSAU Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev"

Abstract. Sectioning and redundancy of 0.4 kV electrical networks is one of the ways to increase the efficiency of agricultural power supply systems, increase the reliability of power supply to rural consumers, and reduce electricity losses in rural electrical networks. There is a need to develop new partitioning devices that have a reduced cost compared to existing ones and allow supplementing and expanding the possibilities of using existing devices. The device for dividing the electrical network into sections (UDS) is one of such means of sectioning. Earlier, a block diagram of the UDS, the principles of its application in rural electrical networks of 0.4 kV, and an operation algorithm were developed. In this paper, an electrical circuit of the device is developed, its description is made. This scheme allows to implement the algorithms of the UDS, and the use of the device - to increase the reliability of power supply to consumers.

Key words: power supply, sectioning and redundancy, sectioning device, network division device, 0.4 kV electrical networks, electrical circuit.

Timur Valerievich Gareev, Master of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, roshal15@mail.ru

Alexander Vinogradov, PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Laboratory for Electricity and Heat Supply, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Professor of the Department of Power Supply of the Oryol State Agrarian University, Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering named after Academician I.A. Budzko RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, +79202879024, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, e-mail: winaleksandr@gmail.com

Aleksey V. Bukreev, Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Power Supply and Heat Supply, FGBNU FNAC VIM, skiffdark@mail.ru

Alina Vasilievna Vinogradova, Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Electricity and Heat Supply, FGBNU FNAC VIM, alinawin@rambler.ru

УДК 631.544.41:620.92:621.18.064:536.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКЕ

Т.А. Файзиев, Ж.Д. Садыков, И.М.Файзуллаев

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация: *Для возникновения изменений температуры достаточно условие* $\partial t / \partial h > 0$, *приведена корреляционная зависимость* $t_h = t_o \exp(b \times h)$ *изменения температуры воздуха по высоте солнечной установке.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, солнечная установка, конвекция, температура, влажность.*

Введение. В дневное время в период инсоляции, солнечная радиация прогревает внутренние поверхности установки. Естественной конвекцией тепло передается воздушной среде. Эти процессы в замкнутом объеме низкотемпературных солнечных установках (теплицах, сушилках) приводят к температурным изменениям воздуха по высоте конструкции [1-2].

Основная часть. Естественная конвекция приводит к стабилизации изменений температуры, которая определяется убыванием плотности среды по вертикали:

$$\partial\rho/\partial h < 0 \, . \qquad (1)$$

Влажный воздух рассматривается как смесь идеальных газов, состоящую из сухого воздуха и перегретого пара (при ненасыщенном воздухе) или насыщенного пара (при насыщенном воздухе). В общем виде плотность влажного воздуха среды является функцией $\rho = \rho(t, p, C)$ температуры t, давления p и концентрации пара C.

В условиях солнечных установок барометрическое давление принимается постоянным $p = const$. Тогда зависимость разности плотностей, определяющих Архимедову выталкивающую силу, от совместного действия переноса тепла и концентрации можно представить в следующем виде

$$\Delta\rho = \Delta\rho_t + \Delta\rho_c = \rho_o \beta_t (t - t_h) + \rho_o \beta_c (C - C_h) \, ; \qquad (2)$$

где $\rho_o = \rho(t,C)$ - выбранная плотность среды, относительно которой определяется выталкивающая сила;

$\rho_h = \rho(t_h, C_h)$ - рассматриваемая плотность.

В низкотемпературных солнечных установках в процессах переноса, изменение плотности в зависимости от t и C можно принять линейным. Тогда коэффициенты температурного β_t и концентрационного β_c расширения среды определяются следующими выражениями:

$$\beta_t = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial\rho}{\partial t}\right)_{p,C} \, ; \quad \beta_c = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial\rho}{\partial C}\right)_{p,t} \, . \qquad (3)$$

Для идеальных газов

$$\beta_t = 1 / T_o = 1 / 273{,}15 \, . \qquad (3а)$$

Из выражений (3) и (3а) получим

$$\beta_c = \frac{1}{C - C_y}\left(\frac{\rho_o - \rho_y}{\rho_o} - \frac{t - t_y}{273{,}15}\right). \qquad (3б)$$

Если известны температура, давление и относительная влажность воздуха, плотность воздуха определяется следующими выражениями [3-4]:

$$\rho = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T}; \quad T = 273{,}15{+}t; \quad \mu = 28{,}95 - 10{,}93\,\frac{\varphi \cdot p_н}{p}; \qquad (4)$$

где p - барометрическое давление, Па;

μ - молекулярная масса влажного воздуха, кг/кмоль;

R=8314 Дж/(кмоль К) - универсальная газовая постоянная;

φ - относительная влажность воздуха; $p_н$ – давление насыщения пара, Па.

В интервале температур T = 303...343 К давление насыщения [3]

$$p_н = 4245{,}29\ exp[5201{,}3(1/303 - 1/T)]\ . \qquad (5)$$

Влагосодержание воздуха x (г/кг) и концентрация пара C (кг/кг) [3,5]

$$x = 0{,}622\,\frac{p_н}{p - p_н}; \quad C = x / 1000\ . \qquad (6)$$

В соответствии с формулами (4) и (5), с увеличением температуры при φ=*const* плотность воздуха падает практически линейно.

Таким образом

$$\partial\rho/\partial t = -grad\ \rho \qquad (7)$$

и Архимедова сила

при $\partial t/\partial h = grad\ t$ - направлена вверх;

при $\partial t/\partial h = -grad\ t$ - направлена вниз.

При равных условиях t и p плотность сухого воздуха больше плотности водяного пара.

Аналогично (7) можно записать

$$\partial\rho/\partial C = -grad\ \rho \qquad (7а)$$

и Архимедова сила

при $\partial C/\partial h = grad\ C$ - направлена вверх;

при $\partial C/\partial h = -gradC$ - направлена вниз.

Температурный градиент плотности сухого воздуха в интервале t = 20...70°С составляет:

$$\partial\rho/\partial t = -\ 0{,}0034...0{,}00494\ (кг/м^3)/К\ . \qquad (8)$$

Концентрационный градиент плотности влажного воздуха в интервале

$C = (10...110)/10^3$ кг/кг (x = 10...110 г/кг) составляет:

$$\partial\rho/\partial C = -\ (0{,}00047...0{,}01)/10^3\ (кг/м^3)/(кг/кг). \qquad (8а)$$

Как видно из (8) и (8а), температурный градиент плотности превышает концентрационный в ≈ 10^3 раз. Поэтому, можно принять, что основное изменение плотности влажного воздуха определяется изменением температуры $\rho_h = \rho(t)$.

В практических расчетах в формуле (2) можно не учитывать $\Delta\rho_c$.

Выводы. Таким образом, для возникновения изменений температуры достаточно условие

$$\partial t / \partial h > 0\ . \qquad (9)$$

Соотношения (1) и (9) являются условиями устойчивости изменений температуры, в процессах тепло - и массопереноса в низкотемпературных солнечных установках достаточно учитывать только температурную разность.

Изменение температуры воздуха по высоте можно представить следующей корреляционной зависимостью

$$t_o = t_m - (t_m \times a)\ ; \quad t_h = t_o\ exp(b \times h)\ , \qquad (10)$$

t_o – температура воздуха при h=0 м;

t_m - среднемассовая температура воздуха, измеряемая на высоте h=1,5...1,7 м; a, b - коэффициенты, определяемые экспериментально.

Список использованных источников:

1. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад: - Изд-во “Ылым”. 1983. 84 с.
2. Джалурия И. Естественная конвекция. -М.: Мир. 1983. -399 с.
3. Исаев С.М. Моделирование и управление температурно-влажностными режимами гелиотеплиц-сушилок: Дисс…канд. техн. наук. Т.: ТГТУ, 1997. с 126.
4. Крум Д. Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий. -М.: Стройиздат. 1980. -395 с.
5. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. -М.: Стройиздат. 1983. -317 с.

Файзиев Тулкун Амирович, кандидат технических наук, доцент,
Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru,
Файзуллаев Ихтиёр Мукимович, старший преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

DETERMINATION OF AIR TEMPERATURE CHANGES IN A SOLAR INSTALLATION

Fayziev Tulkun Amirovich, Sadykov Zhamal Jabbarovich, Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich

Abstract: For the occurrence of temperature changes, the following condition is sufficient $\partial t / \partial h > 0$, the correlation dependence $t_h = t_o\ exp(b \times h)$ of the change in air temperature along the height of the solar installation is given.

Keywords: solar energy, solar installation, convection, temperature, humidity.

Fayziev Tulkun Amirovich, candidate of technical sciences, associate professor,
Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, senior lecturer,
Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 621.3.016.31:621.355:631.223.2

ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ФЕРМЫ КРС С ПРИМЕНЕНИЕМ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Виноградов А.В.[1], Виноградова А.В. [1], Букреев А.В. [1], Братанюк В.А.[2]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2]ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»

Аннотация. *Графики электрических нагрузок ферм КРС имеют выраженные пики утреннего и вечернего максимума, обоснованные суточной сезонностью технологического процесса. Максимальная потребляемая мощность может превышать минимальную в 3 и более раз. Как утренний, так и вечерний максимумы нагрузок ферм КРС происходят в зоны суток, когда стоимость электроэнергии наиболее высока, так как определяется по тарифу пиковой зоны. Уменьшить неравномерность графика потребляемой из сети электроэнергии и снизить стоимость электроэнергии позволяет применение накопителей электроэнергии (НЭ). Для оценки возможных эффектов по выравниванию графика и экономии на стоимости электроэнергии необходимо определить временные зоны, в которые рационально осуществлять зарядку НЭ с потреблением электроэнергии от сети и их разрядку с выдачей электроэнергии, компенсирующей пиковое потребление фермы. В статье приведён пример графика электрической нагрузки фермы до и после применения НЭ, определены параметры НЭ, экономия от его применения.*

Ключевые слова: *электроснабжение, график электрической нагрузки, применение накопителей электроэнергии, экономия на стоимости электроэнергии.*

Введение.

Применение НЭ в системах электроснабжения ферм КРС может решать несколько задач. Это повышение надёжности электроснабжения за счёт использования НЭ в качестве резервного источника электроснабжения. Выравнивание суточных графиков электрической нагрузки при выдаче электроэнергии НЭ в часы её пикового потребления сельхозобъектом. Применение НЭ может быть альтернативой реконструкции линий электропередачи (ЛЭП) с целью увеличения их пропускной способности. Стабилизация резкопеременных нагрузок и повышение качества электроэнергии за счёт снижения уровня несимметрии и снижения уровней отклонения напряжения. Кроме того, применение НЭ в сельских электрических сетях позволяет достичь ряда других эффектов, среди которых социальные (за счёт повышения качества электроэнергии, поставляемой сельским потребителям и снижения отключений), экологические (снижение эмиссии парниковых газов) и другие, которые рассмотрены в [1, 2].

Применение НЭ в электрических сетях, в том числе сельских – одно из актуальных направлений. Так, в работах [3, 4] приводится анализ опыта применения НЭ для повышения качества электрической энергии, указаны направления совершенствования алгоритмов управления НЭ.

Разработаны способы и средства регулирования напряжения в сети с применением НЭ, например, в [5].

Различные аспекты применения НЭ рассмотрены в работах отечественных и зарубежных авторов. Ряд этих работ посвящён особенностям применения НЭ в энергосистемах, системах электроснабжения [6-8].

Выполняются работы, посвященные развитию инфраструктуры зарядных станций и применению НЭ в ней [9, 10].

Особенно актуальными являются исследования по применению НЭ совместно с возобновляемыми источниками энергии [11, 12]. Выполняются разработки по оценке состояния НЭ [13, 14].

Однако, недостаточно внимания в работах различных авторов уделяется вопросам применения НЭ для выравнивания графиков нагрузки с использованием НЭ, получению экономии от применения зонных тарифов на электроэнергию. Графики электрической нагрузки ферм КРС имеют выраженные пики утреннего и вечернего максимума, обоснованные суточной сезонностью технологического процесса. Максимальная потребляемая мощность может превышать минимальную в 3 и более раз. Как утренний, так и вечерний максимумы нагрузок ферм КРС происходят в периоды, когда стоимость электроэнергии наиболее высока, так как определяется по тарифу пиковой зоны. Уменьшить неравномерность графика потребляемой из сети электроэнергии и снизить стоимость электроэнергии позволяет применение накопителей электроэнергии (НЭ). Для оценки возможных эффектов по выравниванию графика и экономии на стоимости электроэнергии необходимо определить временные зоны, в которые рационально осуществлять зарядку НЭ с потреблением электроэнергии от сети и их разрядку с выдачей электроэнергии, компенсирующей пиковое потребление фермы.

Актуальной является задача оценки возможностей применения НЭ для выравнивания графиков нагрузки на примере животноводческого предприятия, оценки необходимых параметров НЭ для этого и определения возможной экономии на стоимости электроэнергии.

Материалы и методы. В работе применялся литературный обзор, методы инженерного эксперимента, изобретательской деятельности.

Результаты и обсуждение.

С применением таймера-электросчётчика мобильного портативного ТЭМП-3 [15, 16] получены недельный (рисунок 1) и суточный (рисунок 2) графики нагрузки фермы КРС. Измерения проводились в период с19 ноября по 25 ноября 2020 года.

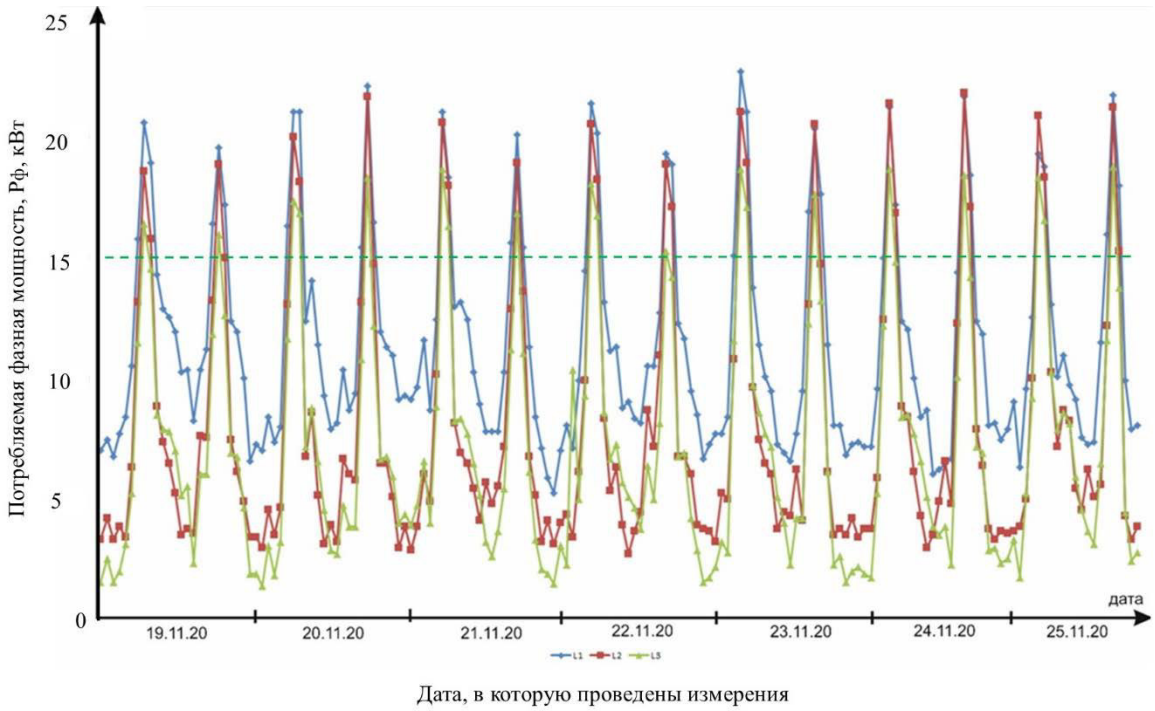


Рисунок 1 – Недельный график нагрузки отходящей ЛЭП, питающей ферму КРС

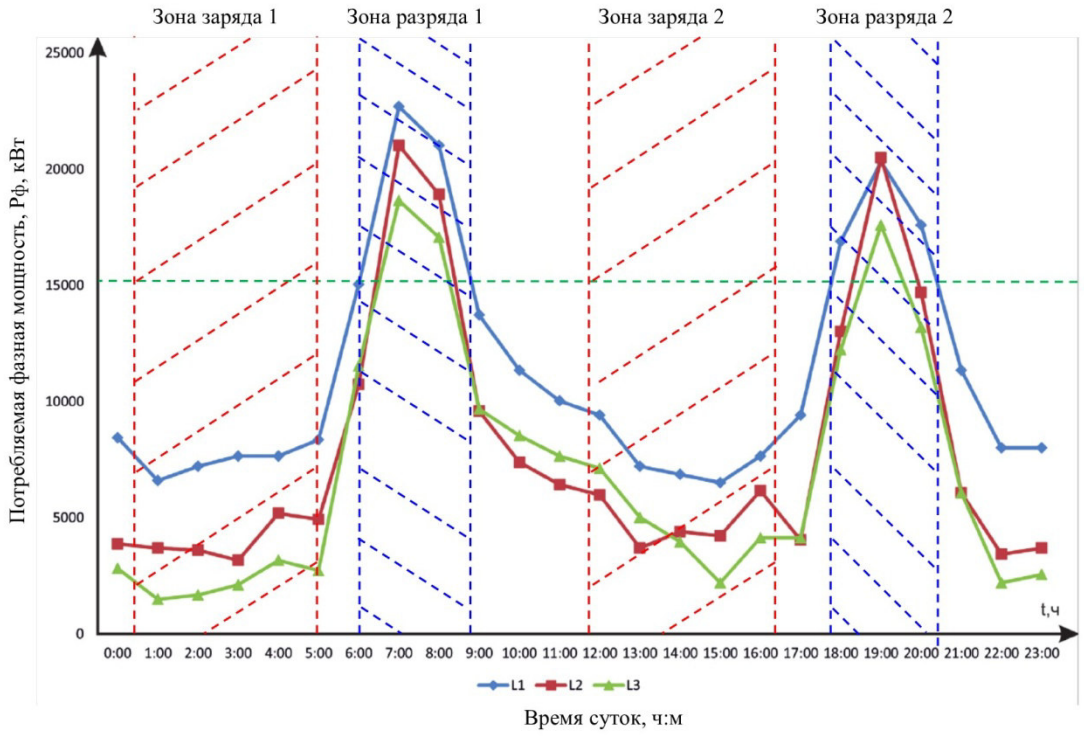


Рисунок 2 – Суточный график нагрузки отходящей ЛЭП, питающей ферму КРС

Анализ полученных графиков позволил выявить несимметрию нагрузки по фазам. Определены значения утреннего и вечернего максимума нагрузки как по току, так и по мощности. В частности, на данной ЛЭП максимальная нагрузка наблюдается в утренние часы, её рост начинается в 5.00 и достигает максимального значения в 7.00 (порядка 20-23 кВт по фазе L1, 20-22 кВт по фазе L2 и 17-20 кВт по фазе L3). Затем наблюдается спад нагрузки до значений от 2-х до 7 кВт по фазам. Вечерний максимум нагрузки приходится на

период времени от 17.00 до 22.00 с пиком в 19.00. В это время нагрузка достигает 20-22 кВт на фазах L1, L2 и 18-ти кВт на фазе L3. Минимальная нагрузка наблюдается от 0.00 до 3.00. Самый загруженный день за период наблюдений – понедельник, 23.11.2020г. Эти особенности графика нагрузки связаны с графиком осуществления технологического процесса на ферме. На рисунке 2 отмечены зоны возможной разрядки НЭ для снижения пиков потребления мощности из сети и зоны зарядки, в которые рационально осуществлять заряд НЭ для выравнивания графика нагрузки.

Использование зонных тарифов по времени суток совместно с выравниванием графика нагрузки позволяет достичь экономии электроэнергии. Анализ приведённых на рисунках 1 и 2 графиков показывает, что в целом пиковые значения потребляемой мощности совпадают по времени с временными пиковыми зонами (7:00 – 10:00; 17:00 – 21:00). Также характерны и полупиковые зоны (10:00 – 17:00; 21:00 – 23:00). В ночной зоне (23:00 - 07:00) нагрузки минимальны. В [17] приведены значения тарифов на электроэнергию для разных зон. В таблице 1 приведены данные по Орловской области для 2-й ценовой категории для потребителей мощностью менее 150 кВт (на ноябрь 2022 г.).

Таблица 1 - Предельный уровень нерегулируемых цен для трех зон суток, руб./МВт·ч без НДС [17]

№ п/п	Группа потребителей	Уровень напряжения			
		ВН	СН I	СН II	НН
1	**Прочие потребители**				
1.1	**Иные прочие потребители**				
1.1.1	**ночная зона**	**3 502,93**	**4 006,76**	**4 901,46**	**5 702,14**
	- средневзв. стоимость э/э (м)	827,40	827,40	827,40	827,40
	- услуги по передаче	2 046,10	2 549,93	3 444,63	4 245,31
	- сбытовая надбавка ГП	623,12	623,12	623,12	623,12
	- инфраструктурные платежи	6,31	6,31	6,31	6,31
1.1.2	**полупиковая зона**	**5 682,35**	**6 186,18**	**7 080,88**	**7 881,56**
	- средневзв. стоимость э/э (м)	3 006,82	3 006,82	3 006,82	3 006,82
	- услуги по передаче	2 046,10	2 549,93	3 444,63	4 245,31
	- сбытовая надбавка ГП	623,12	623,12	623,12	623,12
	- инфраструктурные платежи	6,31	6,31	6,31	6,31
1.1.3	**пиковая зона**	**11 095,33**	**11 599,16**	**12 493,86**	**13 294,54**
	- средневзв. стоимость э/э (м)	8 419,80	8 419,80	8 419,80	8 419,80
	- услуги по передаче	2 046,10	2 549,93	3 444,63	4 245,31
	- сбытовая надбавка ГП	623,12	623,12	623,12	623,12
	- инфраструктурные платежи	6,31	6,31	6,31	6,31

Для выравнивания графика нагрузки необходимо определить ёмкость и определить графики заряда и разряда НЭ. Анализ недельного графика показывает, что различия по дням недели в потребляемой мощности составляют по самой загруженной фазе менее 10%.

Среднеквадратичная мощность за период 6:15 – 9:15 (первый пик с потребляемой мощностью более 15 кВт) по фазам: $Рф_{1L1}$ = 18,61 кВт; $Рф_{1L2}$ = 15,18 кВт; $Рф_{1L3}$ = 14,19 кВт. Пиковая мощность за этот период $Рфп_{1L1}$ = 23,6 кВт; $Рфп_{1L2}$ = 22,1 кВт; $Рфп_{1L3}$ = 19,5 кВт.

Потребление электроэнергии за данный период составляет:

$Wф_{1L1}$ = 55.83 кВт·ч; $Wф_{1L2}$ = 45,54 кВт·ч; $Wф_{1L3}$ = 42,57 кВт·ч.

Предполагается такое снижение потребляемой мощности, чтобы её пиковые значения не превышали 15 кВт. В этом случае максимальная выдаваемая НЭ мощность по самой нагруженной фазе L1, $Рм_{L1}$, кВт, составит:

$$Рм_{1L1} = Рфп_{1L1} - 15 = 23{,}6 - 15 = 8{,}6\ кВт. \quad (1)$$

Среднеквадратичная выдаваемая НЭ мощность НЭ по фазе L1, $Рнэ_{1L1}$, составит 4,86 кВт при выдаче НЭ по данной фазе за время разряда $Wф_{нэ1L1}$= 14,58 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 3 ч).

По фазе L2, $Рнэ_{1L2}$ = 4 кВт; $Wф_{нэ1L2}$= 10 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 2,5 ч).

По фазе L3, $Рнэ_{1L3}$ = 2,65 кВт; $Wф_{нэ1L3}$= 5,3 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 2 ч).

Необходимая минимальная фазная ёмкость аккумуляторов по самой загруженной фазе, $C_{ф1L1НЭ}$, А·ч, за данный период:

$$C_{ф1L1НЭ} = k_{нр} \cdot \frac{W_{нэ_{1L1}}}{U_ф} = 1{,}3 \cdot \frac{14{,}58}{0{,}22} = 86{,}2\ , \quad (2)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент неполноты разряда аккумулятора, безразм. [18];

$U_ф$ – фазное напряжение, кВ.

По другим фазам ёмкость НЭ принимается не менее самой нагруженной фазы.

Среднеквадратичная мощность за период 18:12 – 20:33 (второй, вечерний пик с потребляемой мощностью более 15 кВт) по фазам: $Рф_{2L1}$ = 17,27 кВт; $Рф_{2L2}$ = 14,63 кВт; $Рф_{2L3}$ = 12,87 кВт. Пиковая мощность за этот период $Рфп_{2L1}$ = 21,3 кВт; $Рфп_{2L2}$ = 22,2 кВт; $Рфп_{2L3}$ = 19,6 кВт.

Потребление электроэнергии за данный период составляет:

$Wф_{2L1}$ = 37,22 кВт·ч; $Wф_{2L2}$ = 30,36 кВт·ч; $Wф_{2L3}$ = 28,38 кВт·ч.

Предполагается такое снижение потребляемой мощности, чтобы пиковые значения не превышали 15 кВт. В этом случае максимальная выдаваемая НЭ мощность по самой нагруженной фазе L2, $Рм_{L1}$, кВт, составит $Рм_{2L2}$= 7,2 кВт.

Среднеквадратичная выдаваемая НЭ мощность НЭ:

- по фазе L1, $Рнэ_{2L1}$= 3,15 кВт при выдаче НЭ по данной фазе за время разряда $Wф_{нэ2L1}$= 8,2 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 2,6 ч);

- по фазе L2, $Рнэ_{2L2}$ = 4,5 кВт; $Wф_{нэ2L2}$= 7,2 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 1,6 ч);

- по фазе L3, $Рнэ_{2L3}$ = 2 кВт; $Wф_{нэ2L3}$= 2 кВт·ч (при времени выдачи электроэнергии, равном 1 ч).

Необходимая минимальная фазная ёмкость НЭ, $C_{ф2L1НЭ}$, А·ч, за данный период:

$$C_{ф1L1НЭ} = k_{нр} \cdot \frac{\text{Wнэ}_{2L1}}{U_ф} = 1{,}3 \cdot \frac{8{,}2}{0{,}22} = 48{,}5.$$

Таким образом, минимально необходимая фазная ёмкость НЭ составляет 86,2 А·ч и определена по утреннему пиковому потреблению.

С учётом деградации элементов НЭ принимается запас в 10% [19] устанавливаемая фазная ёмкость аккумуляторов должна быть не менее $C_{фНЭуст} = 95$ А·ч.

Потребляемая фазная мощность при равномерной зарядке в течение времени зарядки, t_{332}, равном 4,5 ч в первой зоне заряда по фазе L1, $P_{фНЭ_{332L1}}$, кВт, составит:

$$P_{фНЭ_{331L1}} = \frac{\text{Wнэ}_{2L1}}{t_{332}} = \frac{8{,}2}{4{,}5} = 1{,}82. \quad (3)$$

По фазе L2 $P_{фНЭ_{331L2}}$= 1,6 кВт. По фазе L3 $P_{фНЭ_{331L3}}$= 0,44 кВт.

Потребляемая фазная мощность при равномерной зарядке в течение времени зарядки, t_{331}, равном 4,5 ч во второй зоне заряда по фазе L1, $P_{фНЭ_{331L1}}$, кВт, составит:

$$P_{фНЭ_{332L1}} = \frac{\text{Wнэ}_{1L1}}{t_{331}} = \frac{14{,}58}{4{,}5} = 3{,}24.$$

По фазе L2 $P_{фНЭ_{332L2}}$= 2,2 кВт. По фазе L3 $P_{фНЭ_{332L3}}$= 1,2 кВт.

График с учётом применения НЭ при электроснабжении фермы КРС показан на рисунке 3.

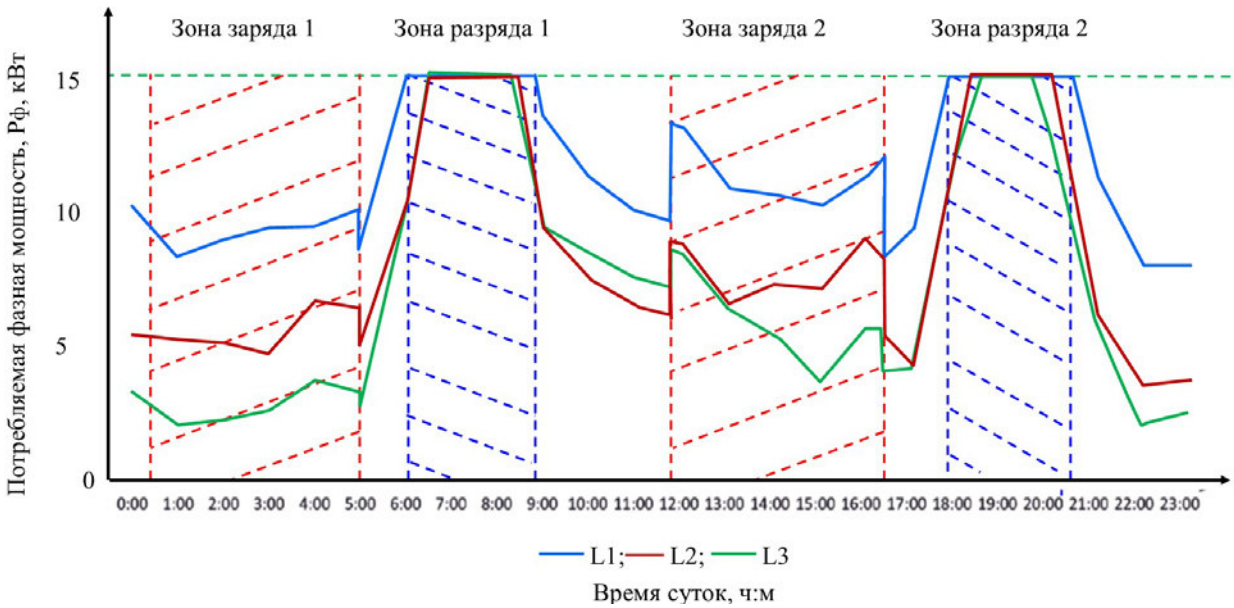


Рисунок 3 – График нагрузки ЛЭП, питающей ферму КРС с учётом применения НЭ

Возможная экономия за счёт выравнивания графика нагрузки и переноса части потребления в ночную и полупиковую зону (компенсация пиковой мощности происходит за счёт выдачи электроэнергии НЭ) определиться сравнением стоимости электроэнергии, потребляемой и вырабатываемой НЭ в разные зоны зарядки и разрядки. Данное сравнение проведено с учётом данных таблицы 1 и результатов расчёта, приведённых выше. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Экономия на стоимости электроэнергии за счёт применения НЭ

Цикл работы НЭ	Объём потребления электроэнергии, кВт·ч	Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб.	Суммарная стоимость электроэнергии, руб.
Пиковое потребление в зоне утреннего максимума нагрузки				628,58
L1	14,58			
L2	10			
L3	5,3			
∑	29,88	13,295	397,25	
Пиковое потребление в зоне вечернего максимума нагрузки				
L1	8,2			
L2	7,2			
L3	2			
∑	17,4	13,295	231,33	
Потребление в зоне зарядки 1				334,69
L1	8,2			
L2	7,2			
L3	2			
∑	17,4	5,702	99,21	
Потребление в зоне зарядки 2				
L1	14,58			
L2	10			
L3	5,3			
∑	29,88	7,881	235,48	
Суточная экономия, руб.				293,89
Экономия в год, руб.				**107269,85**

Таким образом, с учётом ряда допущений (равномерность графика нагрузки в течение года, допущение о равенстве объёмов потребляемой в процессе зарядки и разрядки НЭ энергии и т.п.), ориентировочно экономия на стоимости электроэнергии составляет 107269,85 руб. за счёт переноса части потребления электроэнергии из пиковых периодов в полупиковые и ночные.

В дальнейших исследованиях необходимо обосновать тип и марку НЭ, его технические характеристики, рассмотреть другие эффекты от применения НЭ при электроснабжении ферм КРС.

Выводы. Обзор литературы выявил актуальность применения накопителей электроэнергии для выравнивания графиков электрической нагрузки, в том числе ферм КРС. Проанализированный график электрической нагрузки фермы КРС позволил определить значения параметров пикового потребления электроэнергии, в том числе пиковые значения потребляемой мощности (до 23 кВт на фазу). Выбраны зоны с минимальным потреблением,

находящиеся в полупиковых и ночных зонах, в которые рационально перенести часть потребления электроэнергии. Рассчитана необходимая ёмкость НЭ, позволяющая устранить пики графика нагрузки и которая, для рассматриваемого примера, составила 95 А • ч Построен график нагрузки с учётом применения НЭ. Определена, с учётом зонных тарифов на электроэнергию, ориентировочная экономия электроэнергии от выравнивания нагрузки с переносом части потребления электроэнергии в полупиковую и ночную зоны. Экономия составила более 100 тысяч рублей за год.

Список использованных источников:

1. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Обоснование эффективности использования систем накопления электрической энергии в сельских электрических сетях 0,4 кВ // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. N4(49). С. 120-130. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-4-120-130. EDN BTTTGR.
2. Feng J., Zhou H. Bi-Level Optimal Capacity Planning of Load-Side Electric Energy Storage Using an Emission-Considered Carbon Incentive Mechanism. Energies. 2022. Vol. 15. Iss. 13. 4592.
3. Балабин А.А. Анализ работы и рекомендации по совершенствованию системы накопления электрической энергии, установленной в сельской электрической сети 0,4 кВ / А.А. Балабин, А. В. Виноградов, А. А. Лансберг // – Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 72-79. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-4-72-79.
4. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Голиков И.О. Анализ работы системы накопления электрической энергии с пофазным регулированием напряжения // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. N3(48). С. 26-35. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-26-32. EDN HGTFTU.
5. Патент № 2767517 Российская Федерация, МПК H02J 1/12, H02J 5/00. Способ и устройство автоматического регулирования напряжения в электрической сети с применением накопителя электроэнергии / Виноградов А.В., Голиков И.О., Лансберг А.А., Балабин А.А., Виноградова А.В. // Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2021124683, заявлено 20.08.2021, опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8.
6. Васильев А. Накопители энергии для эффективной работы энергосистемы // Электротехнический рынок. 2019. N3. С. 20-24.
7. Shaqsia A.Z.A., Sopiana K., Al-Hinaib A. Review of energy storage services, applications, limitations, and benefits. Energy Reports. 2020. Vol. 6. Iss. 5. 288-306.
8. Незевак В.Л., Шатохин А.П. Характеристика тяговой нагрузки для определения параметров накопителя электрической энергии // Мир транспорта. 2018. Т. 16. N2(75). С. 84-94.
9. Weiß A., Biedenbach F., Müller M. Probabilistic Load Profile Model for Public Charging Infrastructure to Evaluate the Grid Load. Energies. 2022. Vol. 15. Iss. 13. 4748.
10. Kumar N., Kumar T., Nema S., et al. A multiobjective planning framework for EV charging stations assisted by solar photovoltaic and battery energy storage system in coupled power and transportation network. International Journal of Energy Research. 2021. Vol. 46. 4462-4493.
11. Qadir S.A., Al-Motairi H., Tahir F., et al. Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review. Energy Reports. 2021. Vol. 7. Iss. 7. 3590-3606.
12. Shi Z., Wang W., Huang Y., et al. Simultaneous optimization of renewable energy and energy storage capacity with the hierarchical control. CSEE Journal of Power and Energy Systems. 2022. Vol. 8. Iss. 1. 95-104.

13. Yang B., Wang Y., Zhan Y. Lithium Battery State-of-Charge Estimation Based on a Bayesian Optimization Bidirectional Long Short-Term Memory Neural Network. Energies. 2022. Vol. 15. 4670.

14. Raj T., Wang A.A., Monroe C.W., et al. Investigation of Path Dependent Degradation in Lithium-Ion Batteries. Batteries & Supercaps. 2020. Vol. 3. Iss. 12. 1377-1385.

15. Патент № 195905 Российская Федерация, МПК G01R 19/00. Таймер – электросчётчик портативный мобильный трёхфазный / А.В. Букреев, А.В. Виноградов; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2019142010; заявл. 18.12.2019; опубл. 11.02.2020 Бюл. № 5.

16. Букреев А.В. Применение датчиков параметров режимов работы электрических сетей для анализа надёжности электроснабжения потребителей и качества поставляемой им электроэнергии / А.В. Букреев, А.В. Виноградов, А.Е. Семенов, А.В. Кузьмин / Агротехника и энергообеспечение. – 2020. – №4 (29). – С. 15–24.

17. Полная версия тарифов на 2023 год. Электронный ресурс. Заголовок с экрана. Режим доступа: Полная версия тарифов на 2023 год (mosenergosbyt.ru).

18. Виноградов А.В. Энергосберегающий способ управления освещением удаленных от населенных пунктов автодорог и эффективность его применения / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, В.И. Зелюкин, Ю.С. Сидоренкова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Том 68. №3 (44). – С. 29–36. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-3-29-36

19. Карлаков Д.С., Стушкина Н.А. Влияние величины зарядного напряжения на сокращение ёмкости свинцово-кислотных аккумуляторных батарей // Агротехника и энергообеспечение. 2022. № 2. С. 25-29.

Виноградов А.В., д.т.н., доцент, руководитель научного направления, заведующий лабораторией электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, профессор кафедры «Электроснабжение» Орловского ГАУ, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
winaleksandr@gmail.com
Букреев А.В., к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, skiffdark@mail.ru
Виноградова А.В., к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, alinawin@rambler.ru
Братанюк В.А., магистрант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
bratanyuk1999@gmail.com

ALIGNMENT OF THE GRAPH OF THE ELECTRIC LOAD OF THE CATTLE FARM USING AN ENERGY STORAGE DEVICE

Vinogradov A.V.[1], Vinogradova A.V. [1], Bukreev A.V. [1], Bratanyuk V.A.[2]

[1]FGBNU FNATS VIM

[2]FGBOU VO "RSAU Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev"

Annotation. Graphs of the electrical load of cattle farms have pronounced peaks of the morning and evening maximum, justified by the daily seasonality of the technological process. The maximum power consumption can exceed the minimum power by 3 or more times. Both morning and evening load peaks of cattle farms occur during periods when the cost of electricity is the highest, as determined by the tariff of the peak zone. To reduce the irregularity of the schedule of electricity consumed from the network and reduce the cost of electricity, the use of electricity storage devices (NE) allows. In order to assess the possible effects on leveling the schedule and saving on the cost of electricity, it is necessary to determine the time zones in which it is rational to charge NE with the consumption of electricity from the network and discharge them with the generation of electricity that compensates for the peak consumption of the farm. The article gives an example of a graph of the electrical load of a farm before and after the use of NE, the parameters of NE, the savings from its use are determined.

Key words: power supply, electric load schedule, use of electric power storage devices, saving on the cost of electric power.

Vinogradov A.V., PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Laboratory for Electricity and Heat Supply, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Professor of the Department of Power Supply of the Oryol State Agrarian University, Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering named after Academician I.A. Budzko RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, +79202879024, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, e-mail: winaleksandr@gmail.com

Bukreev A.V., Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Power Supply and Heat Supply, FGBNU FNAC VIM, skiffdark@mail.ru

Vinogradova A.V., Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Electricity and Heat Supply, FGBNU FNAC VIM, alinawin@rambler.ru

Bratanyuk V.A., Master of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, bratanyuk1999@gmail.com

Bibliography

1. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Vinogradova A.V. Obosnovaniye effektivnosti ispol'zovaniya sistem nakopleniya elektricheskoy energii v sel'skikh elektricheskikh setyakh 0,4 kV // Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK. 2022. T. 69. N4(49). S. 120-130. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-4-120-130. EDN BTTTGR.

2. Feng J., Zhou H. Bi-Level Optimal Capacity Planning of Load-Side Electric Energy Storage Using an Emission-Considered Carbon Incentive Mechanism. Energies. 2022. Vol. 15. Iss. 13. 4592.

3. Balabin A.A. Analiz raboty i rekomendatsii po sovershenstvovaniyu sistemy nakopleniya elektricheskoy energii, ustanovlennoy v sel'skoy elektricheskoy seti 0,4 kV / A.A. Balabin, A. V. Vinogradov, A. A. Lansberg // – Agroinzheneriya. – 2022. – T. 24, № 1. – S. 72-79. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-4-72-79.

4. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Golikov I.O. Analiz raboty sistemy nakopleniya elektricheskoy energii s pofaznym regulirovaniyem napryazheniya // Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK. 2022. T. 69. N3(48). S. 26-35. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-

26-32. EDN HGTFTU.

5. Patent № 2767517 Rossiyskaya Federatsiya, MPK H02J 1/12, H02J 5/00. Sposob i ustroystvo avtomaticheskogo regulirovaniya napryazheniya v elektricheskoy seti s primeneniyem nakopitelya elektroenergii / Vinogradov A.V., Golikov I.O., Lansberg A.A., Balabin A.A., Vinogradova A.V. // Zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU FNATS VIM. – Zayavka 2021124683, zayavleno 20.08.2021, opubl. 17.03.2022, Byul. № 8.

6. Vasil'yev A. Nakopiteli energii dlya effektivnoy raboty energosistemy // Elektrotekhnicheskiy rynok. 2019. N3. C. 20-24.

7. Shaqsia A.Z.A., Sopiana K., Al-Hinaib A. Review of energy storage services, applications, limitations, and benefits. Energy Reports. 2020. Vol. 6. Iss. 5. 288-306.

8. Nezevak V.L., Shatokhin A.P. Kharakteristika tyagovoy nagruzki dlya opredeleniya parametrov nakopitelya elektricheskoy energii // Mir transporta. 2018. T. 16. N2(75). S. 84-94.

9. Weiß A., Biedenbach F., Müller M. Probabilistic Load Profile Model for Public Charging Infrastructure to Evaluate the Grid Load. Energies. 2022. Vol. 15. Iss. 13. 4748.

10. Kumar N., Kumar T., Nema S., et al. A multiobjective planning framework for EV charging stations assisted by solar photovoltaic and battery energy storage system in coupled power and transportation network. International Journal of Energy Research. 2021. Vol. 46. 4462-4493.

11. Qadir S.A., Al-Motairi H., Tahir F., et al. Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review. Energy Reports. 2021. Vol. 7. Iss. 7. 3590-3606.

12. Shi Z., Wang W., Huang Y., et al. Simultaneous optimization of renewable energy and energy storage capacity with the hierarchical control. CSEE Journal of Power and Energy Systems. 2022. Vol. 8. Iss. 1. 95-104.

13. Yang B., Wang Y., Zhan Y. Lithium Battery State-of-Charge Estimation Based on a Bayesian Optimization Bidirectional Long Short-Term Memory Neural Network. Energies. 2022. Vol. 15. 4670.

14. Raj T., Wang A.A., Monroe C.W., et al. Investigation of Path Dependent Degradation in Lithium-Ion Batteries. Batteries & Su 1377-1385.

15. Patent № 195905 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01R 19/00. Taymer – elektroschotchik portativnyy mobil'nyy trokhfaznyy / A.V. Bukreyev, A.V. Vinogradov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU FNATS VIM. – № 2019142010; zayavl. 18.12.2019; opubl. 11.02.2020 Byul. № 5.

16. Bukreyev A.V. Primeneniye datchikov parametrov rezhimov raboty elektricheskikh setey dlya analiza nadozhnosti elektrosnabzheniya potrebiteley i kachestva postavlyayemoy im elektroenergii / A.V. Bukreyev, A.V. Vinogradov, A.Ye. Semenov, A.V. Kuz'min / Agrotekhnika i energoobespecheniye. – 2020. – №4 (29). – S. 15–24.

17. Polnaya versiya tarifov na 2023 god. Elektronnyy resurs. Zagolovok s ekrana. Rezhim dostupa: Polnaya versiya tarifov na 2023 god (mosenergosbyt.ru).

18. Vinogradov A.V. Energosberegayushchiy sposob upravleniya osveshcheniyem udalennykh ot naselennykh punktov avtodorog i effektivnost' yego primeneniya / A.V. Vinogradov, A.V. Vinogradova, V.I. Zelyukin, YU.S. Sidorenkova // Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK. – 2021. – Tom 68. №3 (44). – S. 29–36. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-3-29-36

19. Karlakov D.S., Stushkina N.A. Vliyaniye velichiny zaryadnogo napryazheniya na sokrashcheniye yomkosti svintsovo-kislotnykh akkumulyatornykh batarey // Agrotekhnika i energoobespecheniye. 2022. № 2. S. 25-29.

УДК 621.316.544:621.315.1.004.631:338.436.33

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ, ПИТАЮЩИХ АПК

Кожевников В.Е., Зацепина В.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Аннотация: *Описана проблема дистанционного определения места повреждения на магистральных воздушных линиях электропередачи с изолированной нейтралью, питающих агропромышленный комплекс (АПК). Влияние емкостных токов в линии не позволяет определять расстояние дистанционным способом. Предложен вариант использования беспилотного летательного аппарата с дополнительным установленным оборудованием для зондирования линий во время повреждения. Проведен обзор существующих способов определения места повреждения на линиях с изолированной нейтралью. Проанализирован прибор для зондирования линий электропередач, используемый при осмотре линий ремонтной бригадой. Разработан алгоритм по доработке программы движения беспилотных летательных аппаратов, применяемых на линиях электропередач для проведения периодических осмотров. В алгоритме учтены варианты нахождения повреждения, как на прямом участке линии, так и на ответвлении. Приведены недостатки предложенного варианта беспилотного летательного аппарата с установленным на него специальным оборудованием.*

Ключевые слова: *определение места повреждения, воздушные линии электропередач, изолированная нейтраль, надежность системы электроснабжения, беспилотный летательный аппарат.*

Введение. Из всего многообразия элементов системы электроснабжения, самым ненадежным элементом являются линии электропередач (ЛЭП), особенно воздушные. Существуют различные типы линий – простые радиальные и магистральные. На длинных магистральных линиях проблема определения места повреждения (ОМП) наиболее значима, особенно если нейтраль - изолирована. При наличии множества ответвлений поиск еще более затрудняется. Чтобы увеличить надежность линий, необходимо уменьшить время ремонта. Для этого необходимо уменьшить временные затраты на поиск повреждения. Для электроснабжения АПК применяются линии 6-35 кВ с изолированной нейтралью [2]. Обычно расстояния до повреждения определяют методом, основанным на измерении аварийных значений тока и напряжения. При возникновении замыкания одной из фаз линии на землю, появляются ёмкостные токи в данной линии и во всех соседних, что усложняет задачу и мешает дистанционно определить расстояние.

Цель исследования - найти решение, которое позволит автоматически искать поврежденный участок с применением беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Для этого необходимо решить задачу установки на беспилотный аппарат специального измерительного прибора для зондирования линий и поиска повреждения. Далее, необходимо будет модифицировать навигационную программу БПЛА, предложив алгоритм действий, зависящий от получаемых данных от прибора.

Материалы и методы. Рассмотрим уже существующие способы определения повреждения на воздушных линиях с изолированной нейтралью. Каждый из них направлен на дистанционное ОМП. и предусматривает свой вариант решения проблемы [4,6,7]. Но все эти способы сложны и их трудно реализовать на практике. Поэтому и был предложен вариант, предполагающий осмотр линий электропередач с помощью БПЛА со специальным оборудованием.

Есть приборы, определяющие на направление токов, протекающих в линии. Они способны измерить нарастание или уменьшение этих значений. Ремонтная бригада использует их и перемещается вдоль линии. Рабочий персонал предлагается заменить летательным аппаратом. Скорость его передвижения выше. Кроме того, ему не мешает неровность рельефа. Исходя из этого, предлагается установка данного прибора на БПЛА, с помощью которого он автоматически должен искать повреждения. Данные с прибора должны поступать на микроконтроллер беспилотного аппарата.

Результаты и их анализ. На многих подстанциях и линиях электропередачи используются БПЛА с автоматической навигацией и заложенной в них траекторией движения [1,5]. Для каждой линии существует своя траектория движения, но в целом осмотр лини проходит от начала до конца и по каждому ответвлению [3]. Чтобы аппарат знал, где ему нужно остановиться и отметить в цифровую память координаты поврежденного места, выше и был предложен вариант установки дополнительного оборудования, реагирующего на ток. Однако простого объединения недостаточно. Необходимо внести корректировки в программу для осмотра ЛЭП. Для этого был создан алгоритм использования данных зонда для направления движения. Он представлен на рисунке 1.Измеряемые данные поступают из зондирующего прибора в систему управления БПЛА и влияют на его действия.

Вводными данными являются координаты движения X и Y, показания измеряющего ток зонда P и данные из БПЛА о положении над развилкой линии R (принимает значение 0 или 1). Переменные S и A являются вспомогательными. Алгоритм построен на том, что в тот момент, когда БПЛА пролетит мимо повреждения, произойдет снижение измеренного прибором значения тока. Тем самым, введенные в начале цикла координаты будут записаны в память беспилотника. Так цикл будет выполняться каждый раз при пролете летательным аппаратом расстояния в 1 м. Здесь также учтена возможность того, что повреждение может возникнуть не только на прямом участке линии, но и на месте подключения отпайки.

Если повреждение будет именно в этом месте, то в каком бы направлении не было заданно движение, уменьшение показания тока будет определено правильно и аппарат должен остановиться. Далее, уже имея все необходимые данные, аппарат их может передать на подстанцию.

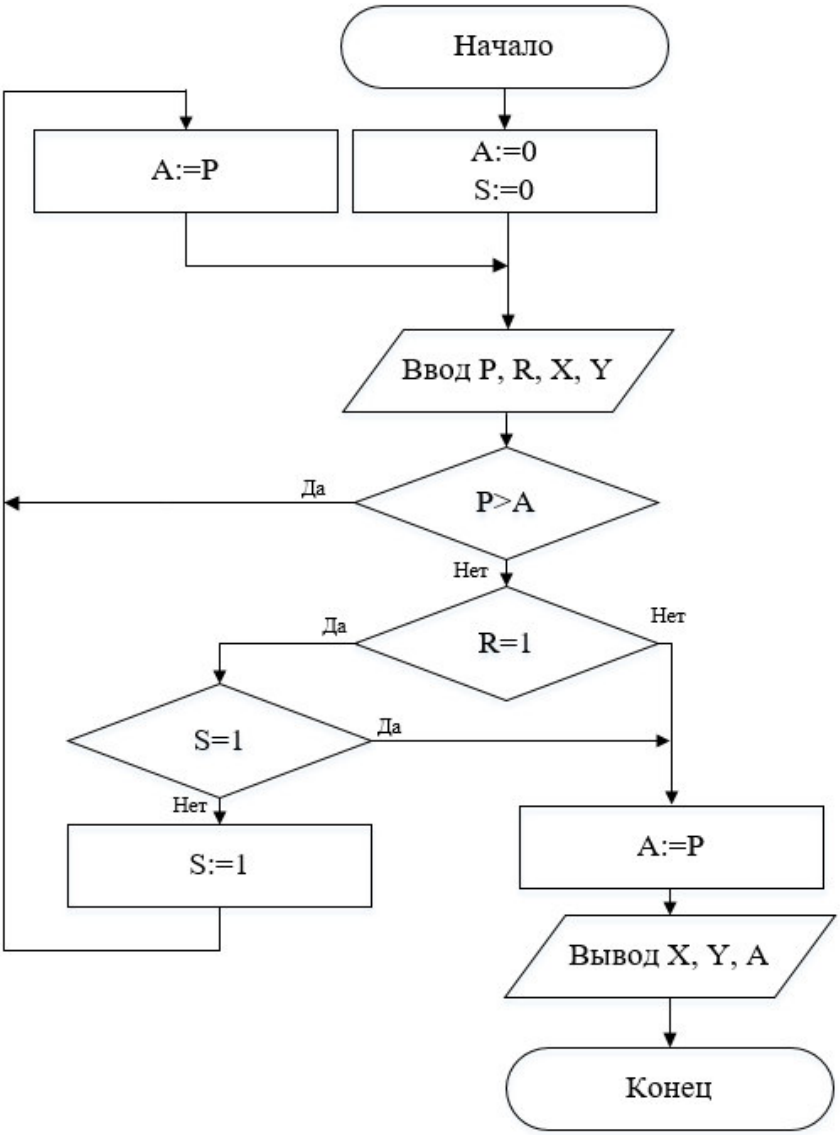


Рисунок 1 – Алгоритм движения БПЛА по данным зонда

Выводы. Предложенный вариант программы позволит определять повреждения на воздушных линиях 6-35 кВ с отклонением в 1-2 м от поврежденного участка. Также способ применим и для линий с глухозаземлённой нейтралью, но в этом случае его стоит комбинировать с дистанционными способами, которые в этом случае хорошо работают.

Достоинством предложенного аппарата является автоматический поиск без ручного управления со стороны. Получив данные с места повреждения, ремонтная бригада уже будет заранее знать, что необходимо устранить и тем самым, можно сократить временные затраты на подготовку. К недостаткам относятся все проблемы применения беспилотных летательных аппаратов, например невозможность использования при плохих погодных условиях. Также существует влияние помех от двигателей аппарата на показания установленного прибора. Поэтому при проектировании, необходимо учесть их влияние или ослабить их действие.

Список использованных источников:

1. Виноградов А.В., Васильев А.Н., Семенов А.Е. и др. Анализ времени перерывов в электроснабжении сельских потребителей и методы его сокращения за счет мониторинга технического состояния линий электропередачи // Вестник ВИЭСХ. 2017. №2 (27). С. 3-11.

2. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Сорокин Н.С. Характеристика электросетевых компаний по количеству и протяженности линий электропередачи, мощности подстанций // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. №2 (47). С. 31-41.

3. Виноградов А.В., Синяков А.Н., Семенов А.Е. Компьютерная программа по выбору системы мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи // Агротехника и энергообеспечение. 2016. № 3 (12). С. 52-61.

4. Козлов В.К., Киржацких Е.Р., Гиниатуллин Р.А. Исследование влияния переходного сопротивления на определение места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью // Вестник Чувашского университета. 2019. №1. С. 39-46.

5. Пугачева Е.А., Рогозина Д.А. Разработка методики использования летательного аппарата для диагностики объектов энергетики // Ученые Омска - Региону. 2018. С.38-42.

6. Солдатов В.А., Полонский В.А. Определение места повреждения в электрических сетях 35 кВ по уравнениям относительно токов // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2019. С. 198-201.

7. Солдатов В.А., Яблоков А.С. Определение повреждений в сетях 35 кВ по наведенному напряжению на антеннах при нагрузке // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. №3. С. 121-126.

References:

1. Vinogradov A.V., Vasil'ev A.N., Semenov A.E. i dr. Analiz vremeni pereryvov v elektrosnabzhenii sel'skih potrebitelej i metody ego sokrashcheniya za schet monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya linij elektroperedachi // Vestnik VIESH. 2017. №2 (27). 3-11 (In Russian).

2. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Sorokin N.S. Harakteristika elektrosetevyh kompanij po kolichestvu i protyazhennosti linij elektroperedachi, moshchnosti podstancij // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2022. №2 (47). 31-41 (In Russian).

3. Vinogradov A.V., Sinyakov A.N., Semenov A.E. Komp'yuternaya programma po vyboru sistemy monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya vozdushnyh linij elektroperedachi // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2016. № 3 (12). 52-61 (In Russian).

4. Kozlov V.K., Kirzhackih E.R., Giniatullin R.A. Issledovanie vliyaniya perekhodnogo soprotivleniya na opredelenie mesta odnofaznogo zamykaniya na zemlyu v raspredelitel'nyh setyah s izolirovannoj nejtral'yu // Vestnik Chuvashskogo universiteta. 2019. №1. 39-46 (In Russian).

5. Pugacheva E.A., Rogozina D.A. Razrabotka metodiki ispol'zovaniya letatel'nogo apparata dlya diagnostiki ob"ektov energetiki // Uchenye Omska – Regionu. 2018. 38-42 (In Russian).

6. Soldatov V.A., Polonskij V.A. Opredelenie mesta povrezhdeniya v elektricheskih setyah 35 kV po uravneniyam otnositel'no tokov // Aktual'nye problemy energetiki APK. 2019. 198-201 (In Russian).

7. Soldatov V.A., Yablokov A.S. Opredelenie povrezhdenij v setyah 35 kV po navedennomu napryazheniyu na antennah pri nagruzke // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. №3. 121-126 (In Russian).

Кожевников Владимир Евгеньевич, магистр направления «Электроэнергетика и электротехника» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», e-mail: vovchik.e.k123@yandex.ru
Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, доцент
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация

THE PROBLEM OF DETERMINING THE LOCATION OF DAMAGE ON THE MAIN OVERHEAD POWER LINES WITH AN ISOLATED NEUTRAL SUPPLYING THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Kozhevnikov V.E., Zacepina V.I.

Abstract: The problem of remote determination of the location of damage on the main overhead power lines with isolated neutral supplying the agro-industrial complex is described. The influence of capacitive currents in the line does not allow determining the distance by remote way. A variant of using an unmanned aerial vehicle with additional installed equipment for probing lines during damage is proposed. A review of the existing methods for determining the location of damage on lines with an isolated neutral has been carried out. The device for sounding power lines, used when inspecting the lines by the repair team, is analyzed. An algorithm has been developed to refine the program for the movement of unmanned aerial vehicles used on power lines for periodic inspections. The algorithm takes into account the options for finding damage both on the straight section of the line and on the branch. The shortcomings of the proposed version of an unmanned aerial vehicle with special equipment installed on it are given.

Keywords: location of damage, overhead power lines, isolated neutral, reliability of the power supply system, unmanned aerial vehicle

Kozhevnikov Vladimir Evgenievich, student of the direction "Electric power engineering and electrical engineering", e-mail: vovchik.e.k123@yandex.ru
Zacepina Violetta Iosifovna, Dr.Sc.(Eng.), associate professor
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation

УДК 681.51:621.865.6:628.977.9:631.234

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЦ

Артамонов И. В., Зацепина В. И.

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Аннотация: *Освещение в теплицах оказывает непосредственное влияние на рост и развитие растений. Благодаря освещению, растения получают все необходимые свойства для полноценного роста. Основной целью искусственного освещения является воссоздать свойства естественного освещения. Целью данной работы является проанализировать внедрение роботизированной системы, которая сможет выявлять различные виды неисправностей и отправлять информацию диспетчеру для последующего устранения этих неисправностей. Задачи работы: рассмотреть необходимое оборудование для осуществления осмотра роботизированной системы, построение алгоритма работы. Для выявления нарушений в работе освещения роботизированная система имеет следующее диагностическое оборудование: видеокамера, люксметр, тепловизор. Принцип работы заключается путем программирования идеального состояния светильника. В работе представлен алгоритм работы роботизированной системы, а также возможный маршрут передвижения по теплице. Итогом работы является подтверждение факта использования роботизированной системы в качестве способа выявления неисправностей освещения в теплице.*

Ключевые слова: *роботизированная система, осмотр, теплица, искусственное освещение, урожайность.*

Введение.

Освещение в теплицах оказывает непосредственное влияние на рост и развитие растений. Благодаря освещению, растения получают все необходимые свойства для полноценного роста. Основной целью искусственного освещения является воссоздать свойства естественного освещения. [1]

Необходимость использования искусственного освещения заключается в том, чтобы выращивать растения без зависимости солнечного освещения. В зимнее время суток, когда искусственное освещение преобладает над естественным, необходимо поддерживать идеальную работу освещения. [2]. В течении долгого периода работы освещения могут возникать нарушения в работе и всяческие неисправности. Целью данной работы является проанализировать внедрение роботизированной системы, которая сможет выявлять различные виды неисправностей и отправлять информацию диспетчеру для последующего устранения этих неисправностей. Задачи работы: рассмотреть необходимое оборудование для осуществления осмотра роботизированной системы, построение алгоритма работы.

Материалы и методы исследования.

Для выявления нарушений в работе освещения теплиц, роботизированная система имеет следующее диагностическое оборудование:

Видеокамера – с её помощью возможно выявлять загрязненность светильников и их работоспособность. Возможности видеокамеры позволяют отойти от темы освещения теплицы и использовать роботизированную систему как способ дистанционной слежки за растениями.

Люксметр – Определяет эффективность источника света. [3]. При нарушении необходимого уровня освещенности возникает снижение урожайности. Для предотвращения этого, роботизированная система снабжена люксметром, показания которого передаются на сервер диспетчеру.

Тепловизор – определяет температуру источника света. Одним из основных критериев для установки освещения является его нагрев в процессе работы, лампа не должна нагреваться слишком сильно. Перегрев помещения возможен в случае «рядного освещения». [4]. Во время длительного использования освещения, может произойти нарушение его работы, что в свою очередь может повлиять на температуру светильника, а также окружающей среды теплицы и пагубному влиянию повышенной температуры на развитие растений.

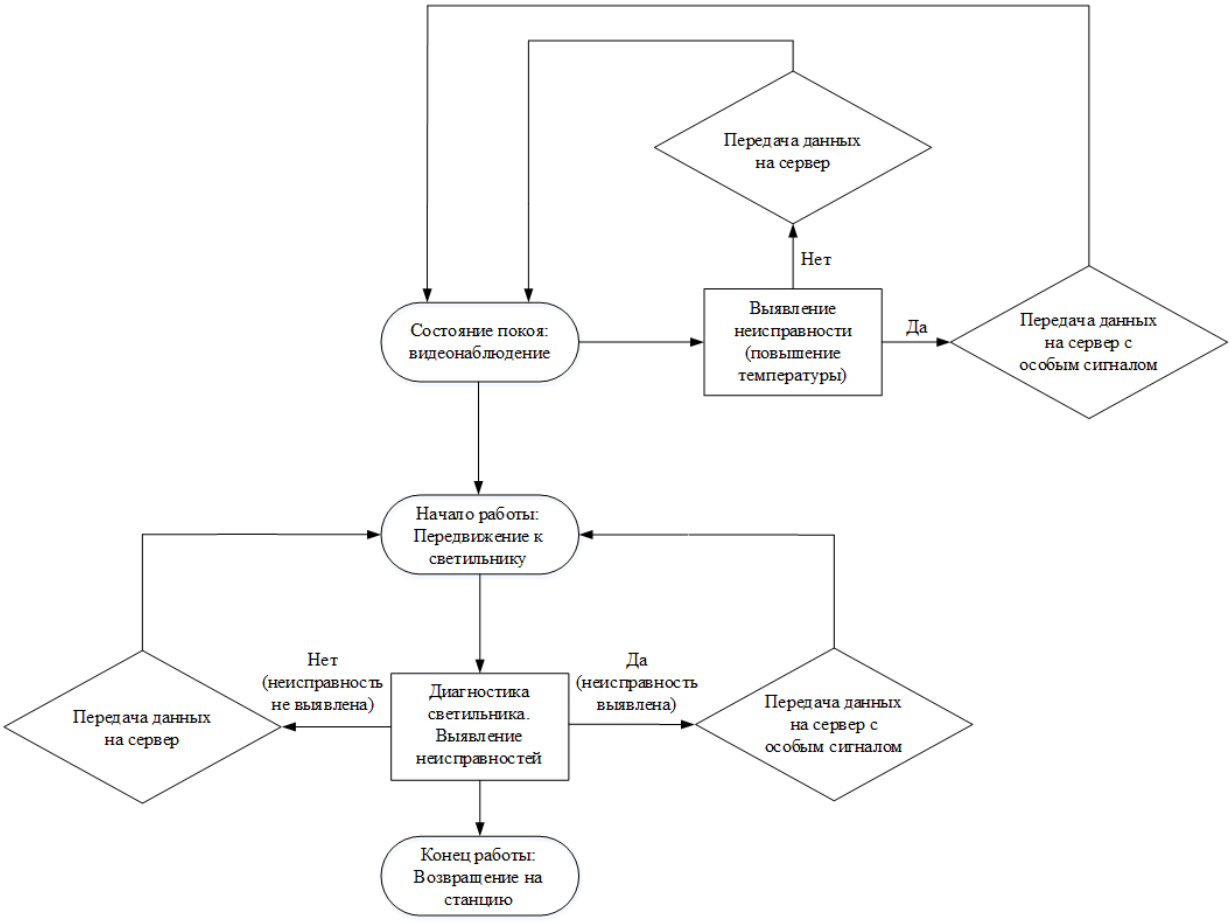


Рисунок 1 – Алгоритм работы роботизированной системы

Принцип работы роботизированной системы заключается путем программирования идеального состояния каждого вида светильника. [5]. В случае обнаружения неисправности роботизированная система подает сигнал на сервер, и диспетчер выполняет необходимые мероприятия по устранению этих неисправностей.

Алгоритм работы (рис.1), как и маршрут передвижения роботизированной системы проектируется индивидуально для каждого вида теплицы.

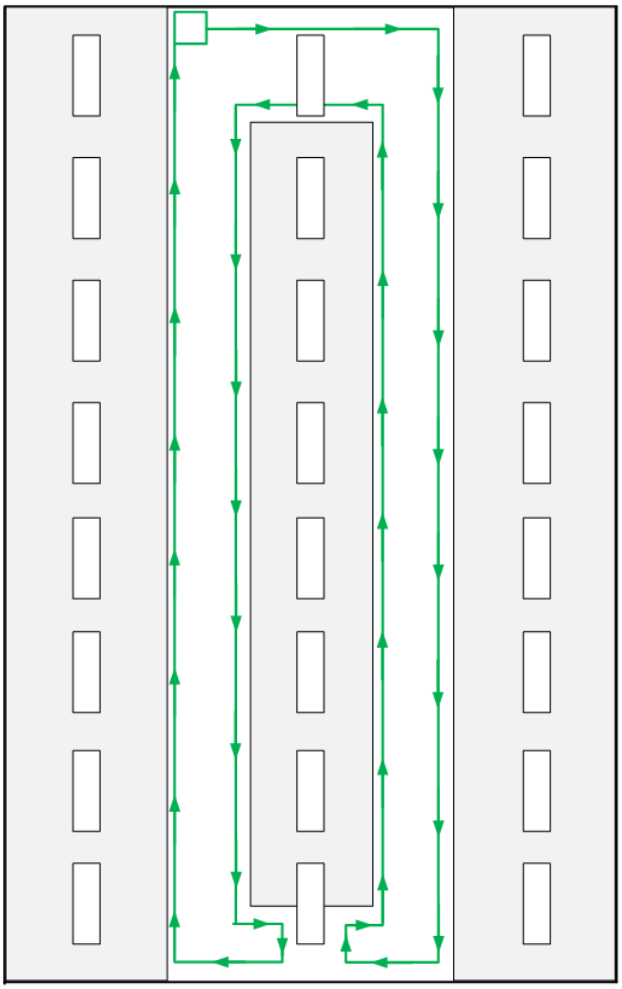


Рисунок 2 – Возможный маршрут передвижения роботизированной системы

В основном алгоритм работы состоит из следующих шагов:

1. Передвижение роботизированной системы к светильнику.
2. Работа с диагностическим оборудованием:
- произвести анализ работоспособности светильника;
- произвести анализ загрязненности светильника;
- произвести анализ уровня освещенности на месте нахождения;
- произвести замер температуры светильника.
3. Передача данных на сервер по конкретному светильнику.

Передача данных между роботизированной системой и сервером будет осуществлена с помощью сотовой сети, основанной на технологиях 4G. [6]

Передвижение роботизированной системы по теплице осуществлено по запланированному маршруту, вшитому в программное обеспечение (рис.2). Для дистанционной слежки за растениями, персонал тепличного хозяйства может взять на себя полное управление роботизированной системы. В роботизированную систему возможно внедрение дополнительного оборудования для полного дистанционного контроля за растениями в теплице. [7]

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом мы выяснили, что освещение непосредственно влияет на рост и развитие растений в теплицах, ведь с помощью него, растения получают все необходимые

свойства для полноценного роста. Освещение, проникая в теплицу оказывает непосредственное влияние на развитие растения. Окружающий мир играет роль источника энергии, необходимой для преобразования неорганических объектов в органические. Благодаря этому процессу, растения приобретают все необходимые свойства для полноценного роста. Активность растений также зависит от количества воды. При укорочении светового периода дня, активность снижается, при увеличении ускоряется. Природного освещения перестает хватать для полноценного роста и развития растений, что является неблагоприятными условиями для выращивания культур. Эта проблема решается с помощью искусственного освещения. Роль искусственного освещения в теплицах – воссоздание полезных качеств солнечного освещения, и выращивание растений вне зависимости от солнечного освещения. Для таких целей выбрано оборудование для роботизированной системы, которое сможет выявлять неисправности в работе освещения теплицы, выполнять функции осмотра светильников и осуществлять контроль правильности освещения на всей территории теплицы.

Вывод

По результатам проведенной работы, можно сделать вывод, что роботизированная система вполне может выполнять функции осмотра освещения и выявления неисправностей в работе освещения теплиц. Выбранное оборудование может выявлять неисправности на начальном этапе их возникновения, приведя к скорейшему устранению этих неисправностей, что в свою очередь не нарушит поддерживание идеальной работы освещения и не приведет к препятствию полноценного роста растений.

Библиографический список

1. Савушкина А.Э. Автоматические системы управления уровнем освещения в теплицах [Текст] / А.Э. Савушкина, М.С. Палагин, Е.А. Овсянникова // Актуальные вопросы энергомашиностроения, нефтяной и газовой отрасли. – 2021 – С. 198-204.

2. Сулейманов В.О. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц [Текст] / В.О. Сулейманов, Е.Е. Мезенцев, А.В. Козлов // Инновационная наука. – 2020 – С. 130-134.

3. Добрицкая А.В. Цифровой люксметр [Текст] / А.В. Добрицкая, В.В. Котович // Метрологическое обеспечение инновационных технологий. – 2021 – С. 435-436.

4. Кирилович Ю.Г. Влияние освещения на выращивание растений вв теплицах с системой закрытого грунта [Текст] / Ю.Г. Кирилович, Е.В. Латкова, Н.Ю. Латков // Инновационная наука. – 2021 – С. 37-40.

5. Долгих П.П. Критерии оценки эффективности источников излучения для теплиц [Текст] / П.П. Долгих, Л.А. Дарьян // Эпоха науки. – 2018 – С. 96-99.

6. Кобахия Н.В. Применение робототехники на подстанциях [Текст] / Н.В. Кобахия, Л.А. Дарьян // Энергоэксперт. – 2021 – С. 40-46.

7. Байдельдинов М.У. Разработка системы автоматического управления теплицами [Текст] / М.У. Байдельдинов, А.С. Абдраимова // World science: problems and innovations. – 2017 – С. 127-130.

Артамонов Илья Владимирович, магистрант, e-mail: ilya484277@mail.ru;
Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор, e-mail: vizatsepina@yandex.ru
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

A ROBOTIC SYSTEM FOR DETECTING IRREGULARITIES IN GREENHOUSE LIGHTING

Artamonov Ilya Vladimirovich,
Zacepina Violeta Iosifovna,

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Abstract: Lighting in greenhouses has a direct impact on plant growth and development. Through lighting, plants are given all the properties they need to grow to their full potential. The main purpose of artificial lighting is to recreate the properties of natural light. The aim of this work is to analyse the implementation of a robotic system that will be able to detect different types of faults and send information to the dispatcher for subsequent elimination of these faults. Objectives of the work: to review the necessary equipment to carry out the inspection of the robotic system, to build the algorithm of the work. The robotic system has the following diagnostic equipment to detect lighting faults: video camera, luxmeter, thermal imager. The principle of operation is by programming the ideal state of the luminaire. The work presents an algorithm for the robotic system, as well as a possible route of travel through the greenhouse. The result of the work is a confirmation of the use of the robotic system as a way of detecting lighting faults in the greenhouse.

Keywords: robotic system, inspection, greenhouse, artificial lighting, yield.

Artamonov Ilya Vladimirovich, student, e-mail: ilya484277@mail.ru;
Zacepina Violeta Iosifovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vizatsepina@yandex.ru
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

УДК 631.234:620.92:628.8

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ

Ж.Д. Садыков, И.М. Файзуллаев, Ш.Й. Саматова

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация: В работе рассмотрена среднестатистическое изменение температуры воздуха в солнечных сушильных установках, приведена корреляционная зависимость изменения температуры воздуха по высоте сушильной камеры. При массообменном процессе температура внутреннего воздуха принимается неизменной и в результате такого единого подхода температурно-влажностного режима парагазовой смеси получим процессы изменения температуры и относительной влажности, независящие друг от друга, для которых находятся передаточные функции.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная сушильная установка, температура, влажность, конвекция.

Введение. Как известно, что солнечная теплица является сложным объектом с распределенными параметрами, в котором одновременно протекают теплообменные и массообменные процессы [1,2].

Создание и реализации эффективных систем автоматического управления и регулирования температурно-влажностного режима солнечной теплицы требует решения вопроса разработки математической модели процесса тепло -и массообмена происходящего в сооружении как объекта автоматического управления.

Определение динамических характеристик объекта может быть достигнуто либо экспериментальным, либо аналитическим методом, мы выбрали аналитический метод исходя из следующих соображений:

-а) ни в одной из функционирующих и рекомендуемых теплиц до сих пор нет даже неавтоматизированных устройств для поддержания необходимого микроклимата, принудительной вентиляции обогрева;

б) число типов тепличных построек весьма велика, причем типовые проекта отсутствует (строится преимущественно по индивидуальному заказу) и постройки имеют существенные различия (по конструкциям, по применяемым аккумуляторам тепла и.т.д.). Эти различия в значительной мере определяют динамику объекта регулирования;

с) аналитический метод позволяет получить динамические характеристики разработанной, но еще не построенной теплицы, а поэтому можно конструировать регулятор микроклимата одновременно с проектированием сооружения.

Основная часть. Динамические характеристики теплиц будем находить в форме передаточных функций. Подобная задача впервые применительна к солнечной теплице была решена в [3]. Однако в этой работе во -первых не учитывается такой важный параметр микроклимата как влажность, во -вторых для упрощения вывода и понижения порядка степени дифференциального уравнения описывающего теплообменные процессы теплицы, рассматривается как двухемкостный объект регулирования температуры.

Не учтены такие особенности теплицы как:

1. Солнечная теплица -это сооружение с интенсивным выделением водянных паров, он зависит от внутренней температуры;

2. Сооружение имеет большую поверхность испарения воды из почвы, поступающей по отношению в микроклимату извне (полив и другие.);

3. При анализе динамики температурного режима теплицы недостаточно учитывать лишь теплоаккумулирующие свойства подпочвенного аккумулятора и внутреннего воздуха, как это принято в работе [3,4].

Ввиду того, что порядок дифференциального уравнения описывающего температуру воздуха в сооружении, определяется числом теплоаккумулирующих веществ, то порядок уравнения для теплицы данной конструкции нашего случая должен быть равен шести (если учесть теплоемкость внутреннего воздуха, водяного и подпочвенного аккумулятора тепла, почву, растительного покрова и светопрозрачного ограждения).

При выводе дифференциальных уравнений объекта регулирования примем следующие упрощения[4,5]:

а) солнечная теплица является объектом с распределенными параметрами. Но, как показал анализ, ее можно описать дифференциальными уравнениями в обыкновенных производных в сочленении со звеном чистого запаздывания. Так как время по сравнению временем переходного процесса объекта составляет ничтожную долю, то его влиянием (без ущерба для расчета) можно пренебречь (t_i = 5-10 мин., $t_{пер}$ =100-120 мин.). Кроме того, воздух внутри солнечной теплицы хорошо перемешается, т.е. разностью температур и относительных влагосодержаний в различных точках принебрегаем (объект с сосредоточенными параметрами);

б) при теплообмене величина относительного влагосодержания внутреннего воздуха величина постоянная (это соответствует случаю, когда в теплице работает регулятор относительного влагосодержания воздуха). При массообменном процессе температура внутреннего воздуха принимается неизменной, что соответствует работе регулятора температуры. В результате такого единого подхода температурно-влажностного режима парагазовой смеси получим процессы изменения температуры и относительной влажности, независящие друг от друга, для которых находятся передаточные функции.

Как было отмечено выше, в сооружении имеют место шесть емкостей способных аккумулировать тепловую энергию. Но во многих практических расчетах энергетического режима теплиц теплоаккумулирующими способностями светопрозрачного ограждения принебрегают из-за ее относительно незначительностью по сравнению с другими емкостями сооружения. Мы тоже будем придерживаться этой точки зрения, и исключаем из рассмотрения поглощательную способность тепла светопрозрачных ограждений, тогда в нашем случае в сооружении будут пять емкостей -аккумуляторов тепловой энергии, и соответственно при составлении дифференциального уравнения сооружения (теплицы) в целом для каждой из них составляем уравнения теплообмена.

Выводы. При этом учитываем следующие факторы:

-поступление тепла за счет радиации;

-тепловыделение почвы;

-теплопотери через светопрозрачные ограждения;

-теплопотери с рециркулируемым воздухом;

-затраты тепла на испарение влаги с почвы и растительности. Там же приводится тепловой баланс каждого теплоаккумулирующего элемента. Он включает поступление тепла

от внутреннего воздуха, потерю тепла в процессе теплопередачи и аккумулирование тепла водяным и подпочвенным аккумуляторами.

Список использованных источников:

1. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Б. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад, 1983 г., 85 с.

2. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. Ташкент, Фан, 1990 г., 194 с.

3. Хайриддинов Б.Э., Исаев С.М., Аширбаев М.У. Математическая модель блочной гелиотеплицы-сушилки с подпочвенным аккумулятором тепла. // Гелиотехника. 1990. №5. 80-83 с.

4. Исаев С.М. К вопросу аналитического определения удельного влагосодержания воздуха гелиотеплицы. Сб.научно-теоретической конференции в честь 600-летия Мирзо Улугбека. Карши., 1994 г. Т.4., 28-32 с.

5. Исаев С.М. Моделирование и управление температурно-влажностными режимами гелиотеплиц: Дисс..к.т.н. Т.: ТГТУ, 1997. с 126.

Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru,
Файзуллаев Ихтиёр Мукимович, старший преподаватель,
Саматова Шоира Йулдошевна, доцент,
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME OF THE SOLAR GREENHOUSE

Sadykov Zhamal Jabbarovich, Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, Samatova Shoira Yuldoshevna

Abstract: The paper considers the average change in air temperature in solar drying plants, shows the correlation dependence of the change in air temperature along the height of the drying chamber. During the mass transfer process, the temperature of the internal air is assumed unchanged and as a result of such a unified approach of the temperature and humidity regime of the steam gas mixture, we obtain processes of temperature and relative humidity changes independent of each other, for which transfer functions are found.

Keywords: solar energy, solar drying plant, temperature, humidity, convection.

Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, senior lecturer,
Samatova Shoira Yuldoshevna, associate professor,
Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 662.997:728

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Ж.Д. Садыков, С.М. Хужакулов, И.Муродов, С.Ю. Чориева

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

Аннотация: Рассмотрена конструкция пассивной солнечной системы для отопления и вентиляции сельскохозяйственных зданий и сооружений, позволяющая экономить топливно-энергетические ресурсы. Использование солнечной энергии в сельскохозяйственных построек и позволит экономить традиционные дефицитные энергоресурсы, себестоимость вырабативаемой продукции будет низким чем естественным отоплением, строительство таких систем не дороже и прост чем с отопительными системами.

Ключевые слова: солнечная энергия, пассивная солнечная система, сельскохозяйственное здание и сооружение, экономия.

Введение. Практическое использование солнечной энергии получило ощутимое распространение во многих странах благодаря таким ее положительным качествам, как возобновляемость, почти повсеместная распространенность, полная экологическая чистота.

Годовой поток солнечного излучения изменяется в широких пределах. Так, на 1 м^2 горизонтальной поверхности на территории Средней Азии за год поступает 1400-1600 кВт.ч и более. Годовое число солнечного сияния равно в Узбекистане - 2815-2880 ч [1].

В Средней Азии продолжительность светового дня в июне достигает 16 ч, в декабре 8-10 ч. Здесь в году 300 солнечных дней, продолжительность солнечного сияния 2500-3100 ч в год, а летом 320-400 ч в месяц. Энергия Солнце позволило бы решать энергетические и социально-экономические проблемы таких регионов и удаленных мест. То есть вопрос об экономической возможности и эффективности необходимо решать с учетом социально-экономических условий, в том числе дефицита энергии, стоимости топлива, географических и климатических условий. Климатические условия Узбекистана, безусловно, являются наиболее благоприятными для использования солнечной энергии.

В XXI веке во многих странах начинает широко использоваться солнечная энергия, несмотря на ее низкую плотность и непостоянство [2]. Как известно, солнце за каждую минуту на освещенную поверхность нашей планеты доставляет такое же количество энергии, какое вырабатывают все электростанции и теплоцентрали мира за один год. Солнце является не только неисчерпаемым, но и самым "чистым" источником энергии, поэтому использование солнечной энергии для отопления производственных, жилых, общественных зданий и сооружений является перспективным. Большое влияние на эффективность использования солнечной энергии оказывают географическое местоположение и климатические особенности местности.

Основная часть. Существует два типа систем использования солнечной энергии для целей отопления: активные и пассивные. Пассивные системы не требуют затраты энергии для приведения их в действие, а при использовании активных систем необходима дополнительная энергия.

Преимущество системы с теплоаккумулирующей стенкой по сравнению с системой прямого обогрева через остекленные проемы - это наиболее рационально организованное поступление тепла в обогреваемое помещение, которое позволяет уменьшить потери тепла за счет уменьшения сбросового тепла из-за перегрева внутри помещения и максимального поступления его в помещение в наиболее холодное время суток.

Практически систем пассивного солнечного отопления станет рентабельной при числе ясных дней не менее 60...70 % общего количества дней отопительного периода. В пасмурные дни эффективность системы пассивного солнечного отопления уменьшается на 50...60 % относительно номинальной, по сравнению с ясными днями, и в результате этого доля системы в общем балансе энергосбережения незначительна. В этом случае необходимый микроклимат поддерживают или с помощью традиционного источника отопления (например, электрические приборы) или аккумулятора теплоты. По общему определению системы пассивного солнечного отопления выполняют как функции основного конструктивного назначения (элементы здания), так и функции восприятия, аккумулирования и транспортирования тепла. Эффективность системы достаточно высока и обеспечивает до 60 % отопительной нагрузки [3-6].

Создание энергоэффективной системы отопления зданий и сооружений проводится с учетом тенденций развития топливно-энергетического комплекса страны, условий содержания животных и возможности экономии топливных ресурсов. Поскольку животноводческие предприятия являются крупными потребителями тепловой энергии, использование которой значительно влияет на себестоимость продукции. Важным является обоснование выбора наиболее эффективной системы теплоснабжения по технико-экономическим показателям, влияющей на эффективность животноводческого предприятия в целом.

Сельское хозяйство сегодня выступает как мощный энергопотребитель. Существенная доля энергозатрат приходится на поддержание оптимальных параметров микроклимата на фермах, что способствует повышению продуктивности. Температура и влажность воздуха помещение является основным фактором в процессе обеспечения нормального физиологического состояния животных. Оптимальные параметры воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях, температура +12...16^{o}C, относительная влажность 60...70% [7]. От стабильности температуры среды зависит стабильность теплового равновесия организма животного. При поддержании требуемой температуры в сочетании с другими необходимыми параметрами помещений выход продукции может повыситься на 30% [7]. Поэтому животноводческие и птицеводческие помещения должны оборудоваться эффективной системой вентиляции и отопления.

Использование солнечной энергии в форме низкотемпературного тепла позволяет повысить эффективность солнечных установок из-за уменьшения тепловых потерь при низких температурах. Существует два типа систем использования солнечной энергии для целей отопления: активные и пассивные. Пассивные системы не требуют затраты энергии для приведения их в действие, а при использовании активных систем необходима дополнительная энергия. Опыт показывает, что солнечные водонагреватели, используемые для горячего водоснабжения, могут окупаться в срок от 3 до 8 лет. Системы горячего водоснабжения получают широкое практическое применение. Однако системы горячего водоснабжения с отоплением за короткий срок еще не окупаются. Такие системы являются более сложными, и с экономической точки зрения они пока не эффективны.

Внедрение в практику пассивных систем солнечной энергии даст возможность по существенному сокрашению расхода тепловой энергии на отопление жилых, обшественных зданий и сельскохозяйственых сооружений на основе широкого применения. Сельскохозяйственное сооружение с использованием пассивной системы солнечного отопления и вентиляции позволяет [7-8]:

- уменьшить тепловые потери через прозрачное покрытие за счет уменьшения температуры зачерненной поверхности при увеличении транспортировки тепла через коллекторно-аккумулирующей стенки;

- имеется возможность подачи в помещение подогретого свежего приточного воздуха в холодный период года;

- улучшить вентиляцию помещения естественным или принудительным способом.

В работе [9] авторами была установлена линейная зависимость среднего значения коэффициента замещения отопительной нагрузки за весь отопительной период от произведения состоящего из:

а) комплекса относительной среднемесячной осредненной за этот период температуры окружающей среды и температуры внутри объекта и

б) среднемесячной средней за отопительный период, суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность $\overline{H}$ (данные многолетных наблюдений).

$$F = a - b \cdot \theta \cdot \overline{H} \qquad (1)$$

$$\theta = 1 - m\frac{T_a}{T_r} \qquad (2)$$

где T_a **-** температура окружающей среды;

T_r - температура в помещение;

a, b, m - постоянные для данного сооружения коэффициенты.

Обработка результатов расчета выполненных для различных пунктов для различных толщины теплоаккумулирующей стенки позволила установить эмпирическую зависимость увеличения коэффициента замещения с увеличением толщины стенки:

$$\Delta F = K\left(\frac{\delta - \delta_0}{\delta_0}\right)^{0,5} \qquad (3)$$

На рисунке 1 представлено увеличение коэффициента замещения отопительной нагрузки в зависимости от относительного увеличения толщины теплоаккумулирующей стенки. Точки соответствуют расчету по методике [9-10], кривая проведена в соответствие с расчетом по зависимости (3).

На основании этих расчетов толщина стенки из сложного однородного бетона была принята равной 0,30 метра.

Таким образом если обозначить δ_0 такую толщину стенки при которой постоянная *a* может быть принята равной нулю то выражение (1) будет иметь вид:

$$F = K\left(\frac{\delta - \delta_0}{\delta_0}\right)^{0,5} - b \cdot \theta \cdot \overline{H} \qquad (4)$$

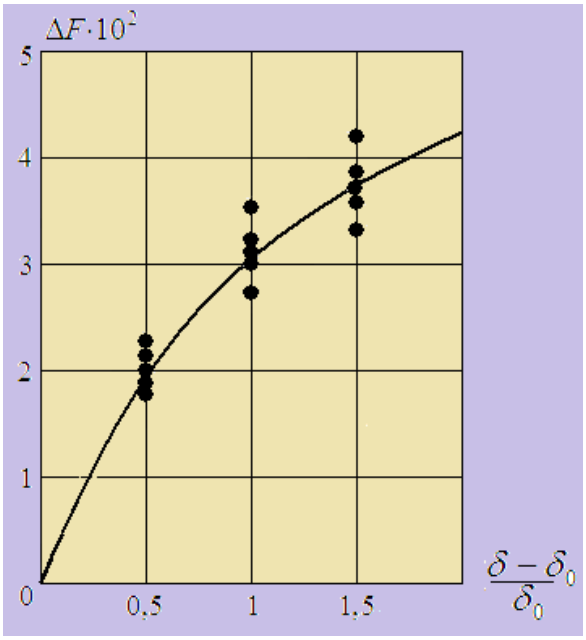


Рисунок 1 - Увеличение коэффициента замещения отопительной нагрузки с изменением толщины теплоаккумулирующей стенки

Такие приближенные зависимости могут быть получены в случае определения эффективности применения пассивного солнечного отопления в различных климатических условиях [10] и относительной оценке влияния архитектурно-строительных изменений в системе.

Следует также отметить, что использование солнечной энергии для теплоснабжения имеет большие перспективы и для широкого применения в индивидуальном хозяйстве, где применение солнечной энергии целесообразно уже сейчае. Широкое и целенаправленное проведение энергосбережения позволит экономить топливно-энергетические ресурсы.

Современный уровень развития сельскохозяйственной отрасли и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к решению проблемы ее энергообеспечения, в том числе за счет использования традиционных и возобновляемых источников энергии. Использование энергии возобновляемых источников позволит экономить традиционные дефицитные энергоресурсы и улучшить экологию производства.

Выводы. В сельском хозяйстве южных районов республики есть возможности внедрения гелиотехники (использование солнечной энергии), можно развивать и совершенствовать строительство в сельскохозяйственных построек -это даст:

-во-первых, экономию топлива на обогрев помещений;

-во-вторых, себестоимость вырабативаемой продукции будет низким, чем естественным отоплением;

в-третьих, строительство таких систем не дороже и прост чем с отопительными системами и т.д.

На будущее предусматривается в широком диапазоне применение более совершенных типов солнечных установок в области теплоснабжения в сельском хозяйстве в южных районах республики с активными и пассивными системами отопления.

Список использованных источников:

1.Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии. М.: Атомэнергоиздат, 1990.

2.Энергосберегающие технологии в современном строительстве/Под ред. В.Б.Козлова.-М.: Стройиздат, 1990.-296с.

3. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. “Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения”. -Т.: Фан. 1988. -288 с.

4. Авезова Н.Р, Садыков Ж.Д. “Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки”. // Гелиотехника. 2012. №1. С.47-53.

5.А.Н.Сканави. Отопление.- М: Стройиздат. 1988.-416 с.

6.Энергоактивные здания. М., Стройиздат, 1988. -376с.

7.Л.И.Шпаков, В.В.Юнаш. Водоснабжение, канализация и вентиляция на животноводческих фермах. -М: ВО Агропромиздат. 1987. 146с.

8.А.Н.Сканави. Отопление.- М: Стройиздат. 1988.-416 с.

9. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. // Гелиотехника. 1989. № 4. С. 54.

10.Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. // Гелиотехника 1994. №1. 53-56с.

Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru,
Хужакулов Саъдулла Мирзаевич, кандидат технических наук,
Муродов Исмоил, кандидат технических наук,
Чориева Ситора Юсуфовна, преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

ENERGY SAVING IN BUILDINGS USING SOLAR ENERGY

Sadykov Zhamal Jabbarovich, Khuzhakulov Sadulla Mirzaevich, Murodov Ismoil, Chorieva Sitora Yusufovna

Abstract: The design of a passive solar system for heating and ventilation of agricultural buildings and structures is considered, which allows saving fuel and energy resources. The use of solar energy in agricultural buildings will allow saving traditional scarce energy resources, the cost of production will be lower than natural heating, the construction of such systems is not more expensive and simple than with heating systems.

Keywords: solar energy, passive solar system, agricultural building and construction, economy.

Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Khuzhakulov Sadulla Mirzaevich, candidate of technical sciences,
Murodov Ismoil, candidate of technical sciences,
Chorieva Sitora Yusufovna, teacher,
Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 631.223.2:662.99

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ ФЕРМ КРС

Комков И.В., Довлатов И. М.

ФГБНУ «Федеральный Научный Агроинженерный Центр ВИМ», г. Москва, Россия

Аннотация. *В работе определено что такое рекуператор и его основные виды, такие как пластинчатый рекуператор, роторный рекуператор, рециркуляционный рекуператор, рекуператор с тепловыми трубками, камерный рекуператор, кровельный рекуператор, водный рекуператор. Проведен анализ рекуператоров, выявлены преимущества и недостатки каждого вида. Указан способ работы выбранных рекуператоров. Установлены наиболее эффективные типы рекуператоров. Определены те типы, которые больше всего подходят для использования в сельском хозяйстве, в отрасли животноводства. На фермах содержащих КРС наиболее подходящими являются пластинчатый, роторный, камерный, кровельный рекуператоры. Это обосновано тем, что у данных типов рекуператоров нет больших сложностей с установкой оборудования, довольно простое обслуживания по отношению к другим типам, а в большинстве случаев независимость от электроэнергии и высокое КПД.*

Ключевые слова: *системы обеспечения микроклимата, воздухообмен, смешение воздушных потоков, теплообмен, рекуператор.*

Введение. В связи с особенностями климатических условий нашей страны существует потребность в системах отопления и вентиляции. Наиболее энергозатратными являются данные системы, около 35 % от общего потребления энергии. Одним из лучших решений является рекуперативная система. Рекуператор – устройство, использующее тепло выходящего воздуха для подогревания приточных воздушных масс. Это позволяет обеспечивать комфортную температуру в помещении [1-3].

В рекуператорах имеется теплообменник, в котором происходит передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному в соответствии с определёнными технологическими требованиями [4].

В настоящее время существует стремление к уменьшению затрат при использовании устройств и систем. Также необходимо сохранять или усовершенствовать оборудование, чтобы достигать максимальной эффективности. В связи с этим наблюдается тенденция исследований по усовершенствованию теплообменников, улучшения возможности процесса теплообмена, изменение конструкции, использование альтернативных материалов [5-7].

Из источника [8] отмечается, что рекуператоры также успешно используется в сельском хозяйстве, что позволяет обеспечивать основные параметры микроклимата. Это позволяет увеличивать продуктивные показатели животноводства.

В источнике [9] представлен подробный обзор существующих видов рекуператоров, определены достоинства и недостатки. Виды рекуператоров:

1. пластинчатый рекуператор;
2. роторный рекуператор;
3. рециркуляционный рекуператор;
4. рекуператор с тепловыми трубками;

5. камерный рекуператор;
6. кровельный рекуператор;
7. водный рекуператор.

Целью работы является анализ рекуператоров, определение наиболее эффективных из них, а также выявление тех типов рекуператоров, которые больше подходят для использования в сельском хозяйстве, в отрасли животноводства.

Результаты и их обсуждения

Таблица 1 – Краткое сравнение разных типов рекуператоров.

	Исследуемые показатели		
Типы рекуператоров	КПД, %	Простата установки	Простата и регулярность технического обслуживания
Пластинчатый рекуператор	40-70	Просто	Просто, нерегулярно
Роторный рекуператор	До 90	Просто, возможна сложность по габаритам	Просто, регулярно
Рециркуляционный рекуператор	45-55	Имеются затруднения	Сложно, регулярно
Рекуператор с тепловыми трубками	До 70	Имеются затруднения	Сложно, регулярно
Камерный рекуператор	80-90	Просто	Просто, нерегулярно
Кровельный рекуператор	55-68	Просто	В зависимости от теплообменника
Водный рекуператор	50-65	Имеются затруднения	Средняя сложность, регулярно

Исходя из данных таблицы 1, можно предположить, что пластинчатый, роторный, камерный и кровельный типы рекуператоров являются наиболее предпочтительными для использования, но необходимо учитывать условия их эксплуатации.

Пластинчатый рекуператор (рисунок 1). В нем не происходит смешение воздушных потоков, а теплообмен осуществляется через кассету, которая состоит из пластин. Основными преимуществами являются простота монтажа и настройки, исключение контакта воздушных масс, низкая стоимость и компактность, отсутствие трущихся и подвижных деталей. КПД достигает 40-70 %. К недостаткам можно отнести образование конденсата из-за разницы температур и наледи в холодный период. Для удаления конденсата можно предусмотреть слив, либо использовать гигроскопичный материал в конструкции. Разморозку наледи можно осуществлять с помощью нагревательных элементов, устанавливающихся в теплообменник, либо устанавливать дополнительное оборудование, калорифер.

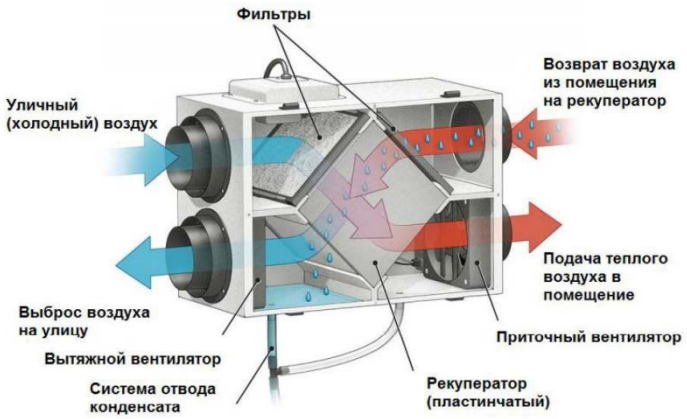


Рисунок 1 – Схема пластинчатого рекуператора [1]

Роторный рекуператор (рисунок 2). Тепловая энергия передается через вращающийся барабан. Внутренней частью ротора являются продольные ячейки, которые осуществляют передачу тепла. Вдоль оси теплообменника происходит разделение воздуховодов с выходящим и входящим потоком. Теплые воздушные массы нагревают пластины ячеек, осуществляется поворот ротора, эти пластины оказываются в зоне холодного воздуха, где осуществляется теплопередача приходящему потоку воздуха. Скорость вращения настраивается таким образом, чтобы не происходило обмерзание и осуществлялась максимальная эффективность теплопередачи. К преимуществам можно отнести высокую эффективность, КПД до 90 %, отсутствие наледи зимой, частичный возврат влаги в помещение. Из недостатков следует отметить большие габариты, зависимость от электричества, необходимость регулярного технического осмотра, износ деталей и выход из строя расходных материалов.

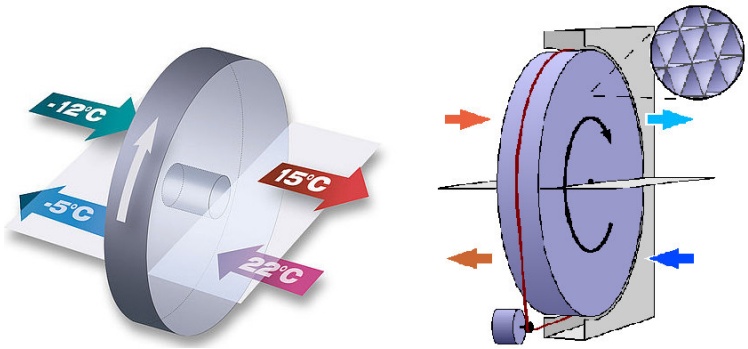


Рисунок 2 – Схема роторного рекуператора

Рециркуляционный рекуператор (рисунок 3). Теплопередача осуществляется промежуточным теплоносителем, водой или водные растворы гликолей. Данный рекуператор имеет 2 теплообменника, соединенных между собой трубопроводом с насосом. Один теплообменник помещен в канал с удаляющимся воздухом, где нагревается и через теплоноситель передает теплоту во второй теплообменник. Второй теплообменник, находящийся в приточном канале, нагревает приходящий воздух. Отличительными преимуществами является КПД 45-55 %, регулировка скорости движения теплоносителя, возможность размещения приточных и вытяжных воздуховодов на расстоянии до 800 м, монтаж как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, возможность использования устройства при обмерзании, окупаемость до 2 лет, возможность различной комбинации вытяжных и приточных каналов.

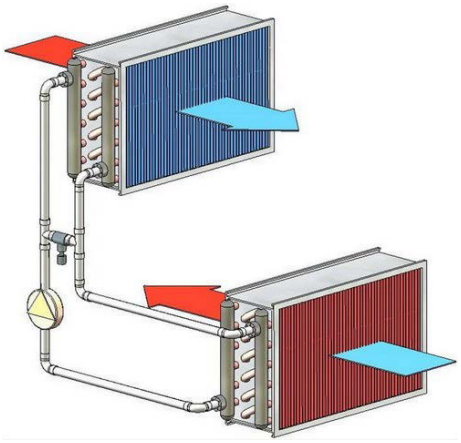


Рисунок 3 – Схема рециркуляционный рекуператор

Рекуператор с тепловыми трубками. Принцип работы данного устройства схож с работой рекуператора с промежуточным теплоносителем. Разница заключается в том, что в воздушные каналы помещаются тепловые трубки, называемые термосифоны. Трубки герметично закрытые, внутри находится легкокипящий хладон. В вытяжном канале они нагреваются и передается тепло через хладон, нагревая воздух в приходящем канале. Достоинствами данного устройства являются эффективность до 70 %, бесшумность благодаря отсутствию движущихся элементов, простота конструкции и неприхотливость в обслуживании, компактность и небольшой вес, энергонезависимость, нет перемешивания воздуха. Из недостатков можно отметить невысокую прочность трубок, высокий уровень КПД достигается при узком температурном диапазоне.

Рекуператор камерного типа. Данное устройство является закрытой коробкой, внутри которой находится движущаяся заслонкой. Таким образом отработанный воздух нагревает поверхность одной камеры, затем перегородка меняет положение и приточный воздух, поступающий в помещение, нагревается. Потом заслонка меняет свое положения и цикл повторяется. К преимуществам относится КПД 80-90 %, простота монтажа, сохранение уровня влажности, исключено обмерзание, при использовании с качественной изоляцией расход на отопление сводится к минимуму. Недостатками являются необходимость регулярного техобслуживания подвижных элементов, частичное смешение воздушных масс.

Кровельный рекуператор воздуха. Рекуператор устанавливается на крыше однообъёмных помещений, цеха предприятий, торговый центры и так далее. Они могут оснащаться пластинчатыми, роторными или другими теплообменниками. Основными достоинствами являются невысокая стоимость, простота установки, безотказность работы.

Водный рекуператор. Теплообменником служит вода или антифриз, по конструкции похоже на систему отопления. Жидкость нагревается удаляющимся воздухом и предает тепло приточному воздуху. К преимуществам относится эффективность 50-65 %, возможность установки его отдельных частей в разных местах. Недостатками являются сложная конструкция, зависимость от электроэнергии, невозможность влагообмена.

Выводы:

Анализируя рассмотренные рекуператоры и исходя из данных таблицы 1, для сельского хозяйства наиболее подходящими являются пластинчатый, роторный, камерный, кровельный рекуператоры. Это обосновано тем, что у данных типов рекуператоров нет больших сложностей с установкой оборудования, довольно простое обслуживания по отношению к другим типам, а в большинстве случаев независимость от электроэнергии. Зависимость от электроэнергии у них достаточно низкая, если есть. Также некоторые

осуществляют частичное смешение воздушных потоков, но в некоторых случаях этим можно пренебречь из-за незначительных значений.

Роторный рекуператор, рекуператор камерного типа имеют КПД 90 %, а пластинчатый рекуператор и рекуператор с тепловыми трубками имеет КПД до 70 %. Данный показатель указывает на высокую степень эффективности устройств. Они имеют ряд своих недостатков, такие как сложность в производстве и т.д.

В дальнейшем планируются более подробная проработка с выбранными типами в лабораторных условиях. Определение возможности применения рекуператоров с иными устройствами для обеспечения основного параметров микроклимата поддержка установленной температуры.

Список использованных источников:

1. Быковский С.С. Обзор рекуператоров системы вентиляции // Молодежь и научно-технический прогресс – 2020 – С. 353-356.

2. Кректунова И. П. Эффективные рекуператоры для систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем – 2020 – С. 86-88.

3. Саввинов И.И., Кириллина М.Ф. Анализ технической эффективности и особенностей эксплуатации комнатных рекуператоров // Форум молодёжной науки – 2021 - № 2 (1) – С. 4-7.

4. Кобылкин М.В., Кобылкина А.В., Риккер Ю.О. Разработка эффективного бытового малогабаритного рекуператора теплоты сточных вод // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов – 2020 – С. 128-132.

5. Нуруллин Н.Ж., Ваньков Ю.В. Численное моделирование работы пластинчатого противоточного рекуператора // Инновации. наука. образование – 2020 - № 23 – С. 553-555.

6. Ростовцева И.А., Рахимова Ю.И. Энергоэкономическая целесообразность применения рекуператоров «воздух-воздух» в климатических условиях республики Крым // Наука молодых - будущее России – 2020 – С. 322-325.

7. Довлатов И.М. Сравнение теоретических и экспериментальных данных по изменению скоростного напора воздуха внутри рециркулятора // Инновации в сельском хозяйстве – 2019 - № 2 (31) – С. 154-161.

8. Кирсанов В.В., Довлатов И.М., Комков И.В., Юрочка С.С. Современные подходы к системам обеспечения параметров воздуха в животноводческих помещениях // Техника и технологии в животноводстве – 2022 - № 4 (48) – С. 61-71.

9. Ермоц В.П. Краткий обзор рекуператоров систем вентиляции. определение кпд рекуператоров // Точная наука – 2017 - № 17 – С. 9-13.

Игорь Мамедяревич Довлатов, кандидат технических наук,
Илья Владимирович Комков, магистр, ilyakomkov10@yandex.ru,
Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный Научный Агроинженерный Центр ВИМ»

OVERVIEW OF MODERN RECUPERATORS OF INDOOR VENTILATION SYSTEMS

Komkov I.V., Dovlatov I. M.

Abstract. The paper defines what a recuperator is and its main types, such as plate recuperator, rotary recuperator, recirculation recuperator, heat pipe recuperator, chamber recuperator, roof recuperator, water recuperator. The analysis of recuperators is carried out, the advantages and disadvantages of each type of recuperators are identified. The way the chosen recuperators work is specified. The most effective types of recuperators are identified. The types that are most suitable for use in agriculture, in the livestock industry are determined. On the farms containing cattle the most suitable are plate, rotary, chamber, roof recuperators. This is justified by the fact that these types of recuperators do not have much difficulty with the installation of equipment, fairly easy maintenance in relation to other types, and in most cases independence from electricity and high efficiency.

Key words: microclimate systems, air exchange, mixing of air flows, heat exchange, recuperator.

Dovlatov I. M., Candidate of Technical Science,
Komkov I.V master, ilyakomkov10@yandex.ru,
Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM

УДК 631.3-58

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ХОДА МАШИНЫ ПО ШИРИНЕ ЗАХВАТА НАЗЕМНЫМ СПОСОБОМ И С ПОМОЩЬЮ БВС

Фокин А.М., Курбанова Е.С.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация: *Показали возможность использования технических средств для оценки проведения технологических операций по обработки почвы наземным и дистанционным способом. (Цель исследования) Провести сравнительный анализ наземных и дистанционных измерений с помощью БВС при определении равномерности хода машины по ширине захвата. (Материалы и методы) Изучили инструментарий дистанционных и наземных измерений. Применяли результаты научных исследований по определению равномерности хода машины по ширине захвата, согласно методике ГОСТ 33736-2016. (Результаты и обсуждение) Проанализировали возможность определения равномерности хода машины по ширине захвата наземным и дистанционным способом. Рассчитали коэффициент вариации наземных и воздушных измерений – 12% и 15% соответственно, воздушные измерения являются достовернее. Определили, что воздушные измерения позволит исключить субъективную оценку при выполнения технологической операции. (Выводы) Разработали алгоритм определения равномерности хода машины дистанционным спобосом, учитывающий параметры наземных измерений.*

Ключевые слова: *беспилотное воздушное судно, дрон, аэрофотосъемка, обработка почвы, равномерность хода машины.*

Введение

Земельные ресурсы являются важным средством сельскохозяйственного производства. Для успешного возвращения запущенных и деградированных угодий предусмотрено применение специализированных технологических комплексов.

Равномерность хода мобильного агрегата при выполнении технологических операций по обработки почвы является важнейшим параметром высокопроизводительного использования машинно-тракторных агрегатов, что достигается при определенных значениях мощности двигателя, массе и скорости движения.

Ширина захвата мобильных агрегатов при выполнении технологических операций по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур является важнейшим параметром высокопроизводительного использования машинно-тракторных агрегатов, что достигается при определенных значениях мощности двигателя, массе и скорости движения.

Скорость движения МТА устанавливается относительно выполнения качества работы, однако во многих случаях скорость, определяемая энергонасыщенностью агрегата, не может быть реализована ввиду агротехнических ограничений, и тогда определяющим критерием, отражающим всю совокупность факторов, действующих при — приведенные издержки на единицу площади.

Целесообразность использования технических средств зависит от достоверной оценки состояния запущенных земельных ресурсов, которое оценивается комплексом показателей, важнейшими из которых является твердость, плотность, влажность, степень задернелой почвы, толщина задерненного слоя, микрорельеф, растительные остатки, травянистая и древесная растительность.

Материалы и методы: Исследования проводились с использованием БПЛА DJI Matrice 200 v2, мультиспектральной камеры Micasense Altum, и мультичастотного GNSS приемника EMLID Reach RS2 (Рисунок 1). После каждого полета собранные данные обрабатывались с помощью программного обеспечения Pix4Dmapper и Agisoft Metashape [1]. В процессе обработки создавались: ортофотоплан, цифровая модель местности (ЦММ) и цифровая модель поверхности (ЦМП) [2].



Рисунок 1. БПЛА DJI Matrice 200 v2 с мультиспектральной камеры Micasense Altum

Также было применено наземное оборудования такое как, рулетка, линейка металлическая, весы, рамка деревянная размером 100 см х100 см, комплект почвенных решет с погрешностью измерения + 1 см, весы, рамка 0,5х0,5 м.

Отклонение рабочей ширины захвата (фактической) от конструкционной, %, вычисляют по формуле:

$$\Delta B = \frac{B_ф - B_к}{B_к} \cdot 10^2, \quad (1)$$

где $B_ф$ – рабочей ширины захвата (фактическая), м;

$B_к$ – конструкционная ширина захвата, м;

ΔB –отклонение рабочей ширины захвата от фактической.

Среднего арифметическое выборки значения:

$$B_{ср} = \frac{\sum B_ф}{N}, \quad (2)$$

где $\sum B_ф$ – сумма рабочей ширины захвата, м;

N – количество измерений, м;

$B_{ср}$ –среднее арифметическое выборки значение.

Таким образом найденное среднее арифметическое значение выборки позволит произвести расчет стандартного отклонения:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (X_{1\ldots50} - B_{ср})^2}}{N}, \quad (3)$$

где X_i– разницу выборки и среднего значения, м;

N – количество измерений, м;

$B_{ср}$ –среднее арифметическое выборки значение, м.

Для того чтобы узнать на сколько вариабельной является выборка в данном исследование произведен расчет коэффициента вариации, согласно которому выборка имеет градацию в процентном соотношении: при <10% выборка слабо вариабельна, при 10% – 20 % — средне вариабельна, при >20 % выборка сильно вариабельна.

$$V = \frac{\sigma}{B_{ср}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где V – коэффициент вариации, м;

σ – стандартное отклонение, м;

$B_{ср}$ –среднее арифметическое выборки значение.

Результаты и обсуждения:

В условиях производственной эксплуатации неравномерность хода машинно-тракторного агрегата (МТА) по ширине захвата, способствует потере технологических качеств современного оборудования, что приводит к не рациональному использованию. В результате снижается эффективность машинно-тракторного парка, повышается себестоимость производимой сельскохозяйственной продукции, нарушаются требования экологии. Для устранения этих ошибок следует обратить внимание на правильность выполнения операций равномерности хода машинно-тракторного агрегата (МТА) по ширине захвата [3].

Рабочую ширину захвата плуга определяют по двум проходам в 50 точках, расположенных с интервалом не менее 1 м по ходу движения агрегата на каждом учетном проходе. Для этого перед учетным проходом агрегата устанавливают 50 кольев на расстоянии от обреза стенки борозды равном ширине захвата плюс 1 м. После учетного прохода агрегата проводят измерения от каждого колышка до обреза борозды.

Число измерений - не менее 50. Погрешность измерений - ±1 см.

Рабочую ширину захвата вычисляют по разнице измерений до прохода и после прохода агрегата. Полученные данные обрабатывают статистическим методом с получением среднеарифметического значения ширины захвата, стандартного отклонения и коэффициента вариации. Вычисления проводят с округлением до первого десятичного знака.

Допускается определение рабочей ширины захвата при помощи маркера, присоединяемого к заднему корпусу плуга. Для этого измеряют расстояние между двумя смежными линиями, прочерченными маркерами при двух смежных проходах.

Для определения равномерности хода машины по ширине захвата с помощью БВС, была осуществлена аэрофотосъемка с мультиспектральной камерой исследуемого участка, после вспашки и составлена Цифровая модель поверхности с отмеченной на ней через 1 метр учетные линии для измерения ширины захвата (Рисунок 2).

Цифровая модель поверхности – это цифровое представление участка земной поверхности, полученное путём обработки материалов аэрофотосъемки (топографической съёмки), и передающее точные данные о высоте земной поверхности, включая здания, растительность и любые другие высотные (вертикальные) объекты, которые присутствовали на момент съёмки [4].

В программе Agisoft Metashape по данным аэрофотосъемки были построены цифровая модели поверхности (ЦМП). ЦМП передает точные данные о высоте земной поверхности,

точное расстояние до объекта растительность и любые другие высотные (вертикальные) объекты, которые присутствовали на момент съёмки [5]- [6].

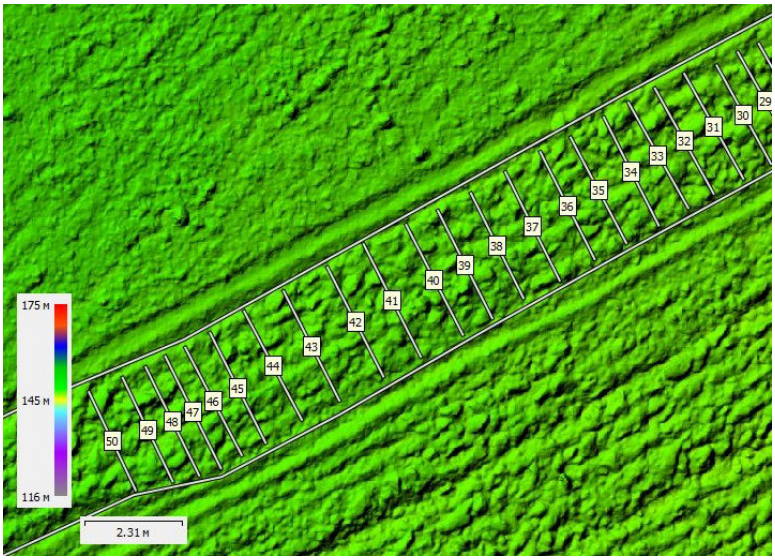


Рисунок 2 – ЦМП с учетные линии для измерения ширины захвата

Сравнительный анализ ЦМП поля показал, что поверхность поля имеет наиболее ровный рельеф на всей площади и имеет минимальный естественный уклон [7].

На основании контрольных наземных и дистанционных измерений построен график, точности данных измерений (Рисунок 3).

На данном графике на осе абсцисс обозначено количество проводимых замеров в данном исследовании, а на оси ординат отмечен диапазон ширины захвата начиная от конструкционной ширины захвата, которая составляет 2,30 метра до максимальной фактической при выполнении вспашки.

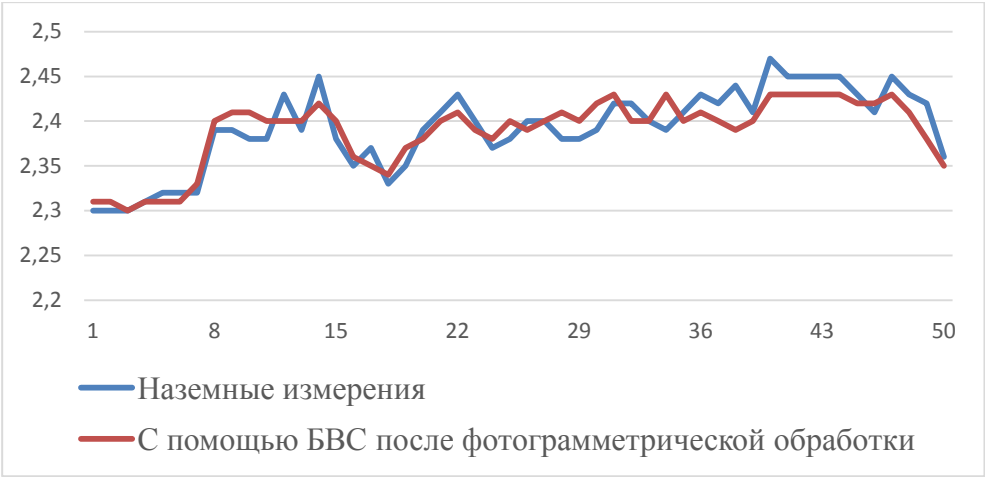


Рисунок 3 – Значения проведенных исследований определения равномерности хода машины по ширине захвата

На основе данных воздушных и наземных измерений, рассчитаны такие критерии как: сумма ширины захвата, среднее арифметическое значение, стандартное отклонение коэффициент вариации и отклонение рабочей ширины захвата (фактической) от конструкционной (Таблица 1) [8].

Таблица 1 – Сравнительные статистические данные наземных и воздушных измерений

Измерение	Расстояние до маркера или расстояние от колышков до обреза борозды, после прохода	Рабочая ширина захвата	Результаты воздушных измерений с помощью БВС
Сумма	119,6	115	119,44
Ср. арифметическое значение	2,39	2,30	2,38
Стандартное отклонение, ± м	0.31	-	0,38
Коэффициент вариации, %	12	-	15
Отклонение рабочей ширины захвата от конструкционной, %	3,9	-	3,4

Разработан алгоритм определения равномерности хода машины по ширине захвата дистанционным способом (Рисунок 4). Исследования в направлении создания новых принципов мониторинга почвы, которые основаны на бесконтактных методах, позволят обеспечивать сельхозпроизводителей качественной и количественной оценкой физико-механических и агротехнических свойств почвы, оценивать состояние сельхозкультур, и контролировать технологические операции.



Рисунок 4 – Алгоритм определения равномерности хода машины по ширине захвата

Получение зависимостей между результатами дистанционных измерений и наземными исследованиями позволит оперативно оценивать состояние почвы, сократить время и снизить расходы в 2 раза на проведение технологических операций по почвообработке. Такие данные создадут основу для принятия эффективных управленческих решений в сельскохозяйственном производстве.

Выводы

Разработан алгоритм определения равномерности хода машины по ширине захвата. Алгоритм, позволяет оценивать ход выполнения технологической операции дистанционным путем. Алгоритм сформирован на основе данных наземных и дистанционных измерений, согласно полученным зависимостям, вариабельность составляет 12% у наземных измерений и 15% у воздушных, на основании чего можно сделать вывод, что воздушные измерения являются более высокоточными и ориентированы на сокращения временных затрат.

Полученная зависимость между результатами, создадут основу для принятия эффективных управленческих решений в сельскохозяйственном производстве. Дистанционный способ, является перспективным направлением в сторону цифровизации и отхода от наземных измерений с целью внедрения в технологию точного земледелия.

Библиографический список:

1. Detection and analysis of methane emissions from a landfill using unmanned aerial drone systems and semiconductor sensors Daugela I., Visockiene J.S., Kumpiene J. // Detritus. 2020 vol. 10. 127-138
2. Костомахин, М. Н, А. Н. Воронов, Р. К. Курбанов. Способ дистанционного мониторинга надежности сельскохозяйственной техники с использованием систем GPS/ГЛОНАСС. Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 3(28). – С. 353-357.
3. Костомахин, М. Н., Р. К. Курбанов, Н. Г. Кынев. Точное земледелие расширяет свои границы. Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт.2018. № 3. – С. 7-9.
4. Курбанов Р. К., Н. И. Захарова, О. М. Захарова, Д. М. Горшков Оценка перезимовки всходов селекционной озимой пшеницы с помощью БПЛА. Инновации в сельском хозяйстве.2019. № 3(32). – С. 133-139.
5. Курбанов, Р. К, А. М. Фокин, М. А. Литвинов. Программное обеспечение для обработки мультиспектральных данных и оцифровки полей. Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2021.№ 11. – С. 3-6.
6. Курбанов, Р. К, Н. И. Захарова, О. М. Гайдук. Использование теплового канала (LWIR) для оценки состояния посевов и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Электротехнологии и электрооборудование в АПК.2020. Т. 67. № 3(40). – С. 87-94.
7. Лискин, И. В., Д. А. Миронов, Р. К. Курбанов. Обоснование параметров искусственной почвенной среды для лабораторного исследования изнашивания лезвия Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017.№ 4. – С. 37-42.
8. Личман Г. И., В. М. Коротченя, И. Г. Смирнов, Р. К. Курбанов, Концепция точного земледелия на основе понятий идеального поля и цифрового двойника. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 3(40). – С. 81-86.

Фокин Александр Михайлович - Инженер, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.
E-mail: foks1997@yandex.ru
Курбанова Елена Сергеевна-Начальник отдела образования, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: kurbanova.es@mail.ru

THE UNIFORMITY DETERMINATION OF THE MACHINE STROKE ALONG THE WIDTH OF THE GRIP BY GROUND METHOD AND WITH THE HELP OF THE UAV

Фокин А.М., Курбанова Е.С.

Abstract: The possibility of using technical means to assess the implementation of technological operations for land tillage and remote method has been showed. (Purpose of the study) The comparative analysis of ground and remote measurements with the help of UAV in determining the uniformity of the machine's stroke across the working width has been conducted. (Materials and Methods) The toolbox of remote and ground-based measurements has been studied. The results of scientific research has been applied to determine the uniformity of the machine's stroke across the working width, according to the method of GOST 33736-2016. (Results and discussion) The possibility of determining the uniformity of the machine in terms of working width by ground and remote method is analyzed. The coefficient of variation, deviation of the working width from the design width and the standard deviation has been calculated. The coefficient of variation of ground and air measurements has been calculated - 12% and 15% respectively, air measurements are more reliable. It has been determined that aerial measurements will eliminate subjective evaluation when performing technological operations. (Conclusions) The algorithm for determining the uniformity of machine movement by remote method, taking into account the parameters of ground measurements has been developed.

Keywords: unmanned aerial vehicle, drone, aerial photography, tillage, machine uniformity.

Fokin Alexander Mikhailovich - Engineer, FGBNU FNATS VIM,
E-mail: foks1997@yandex.ru
Kurbanova Elena Sergeevna-Head of the Department of Education, FGBNU FNAC VIM
E-mail: kurbanova.es@mail.ru

УДК 621.928.3/.9-2-047.44

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Брагин А.Д, Кудрявцев А.В

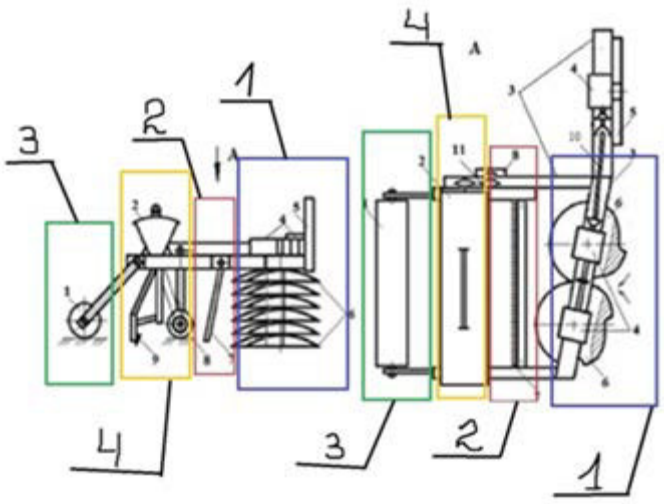
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, Россия, г. Тверь

Аннотация. *Развитие сельского хозяйства является главной задачей в обеспечении продовольственной безопасности страны. При этом важное место занимает переработка продуктов в заготовке кормов, где требуются высокотехнологичные и надёжные машины, оборудования. Цель исследования: улучшение дробления крупных комков почвы посредством модернизации сепаратора. Задачи: провести патентный поиск существующих конструкций сепараторов, а также подобных сельхозмашин для обработки почвы. Сделать выводы и на их основе спроектировать опытную модель сепарирующего устройства для испытаний в полевых условиях. В дальнейшем на основе этих данных можно было изготовить новые или модифицировать старые сепарирующие устройства для увеличения производительности, надежности, а также уменьшение их себе стоимости и сокращение процента неисправностей. Все данные процедуры проводятся на базе сельскохозяйственной академии.*

Ключевые слова: *сепарирующее устройство, модернизация, повышение качества сепаратора почвы, сельскохозяйственные технологии, комкодавители, сельхозмашины.*

Ведение. В современном производстве продукции растениеводства широко используют машинные технологии. Под технологией в сельскохозяйственном производстве понимают систему производства, хранения, переработки и реализации продукции с конкретными количественными и качественными показателями при наименьших затратах труда, средств и энергии [1].

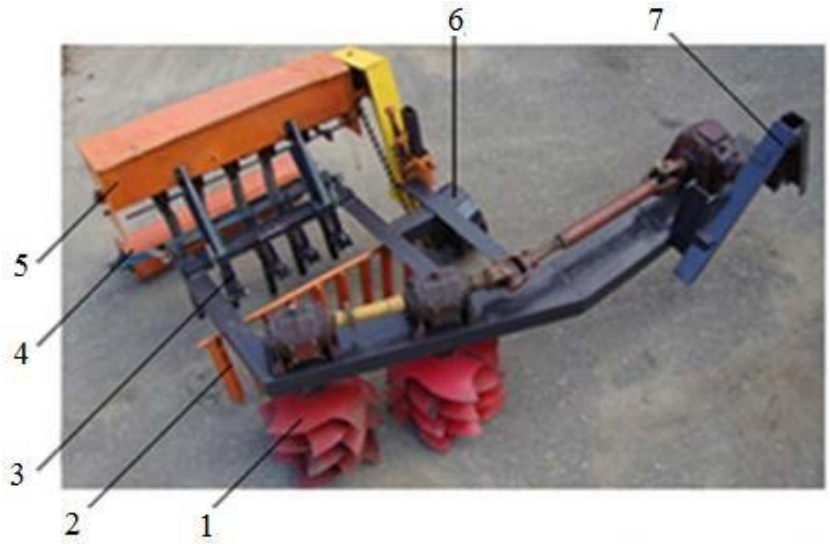
Всякая технология — это результат многолетних научных исследований и полевых опытов. Технологии непрерывно совершенствуют и дополняют. Новые технологии могут быть рекомендованы к внедрению в производство после всесторонней проверки в хозяйственных условиях и получения положительного экономического эффекта [2]. Для конкретных условий хозяйствования можно применить несколько вариантов технологий. Однако не все они будут одинаково эффективны. Для выбора оптимального варианта ученый-агроном проводит технико-экономический анализ всех технологий с нормативным отражением, как рационально это делать на всех стадиях производства, какие ресурсы и техника для этого необходимы. В зависимости от наличия в хозяйстве средств интенсификации производства (семян, удобрений, средств химической защиты, машин, топлива и т. п.) применяют экстенсивные, нормальные, интенсивные и высокоинтенсивные технологии. Экстенсивные технологии ориентированы на использование естественного плодородия почв без применения органических и минеральных удобрений. Нормальные технологии предусматривают применение удобрений в объемах, обеспечивающих поддержание среднего уровня окультуренности почв и предотвращение их деградации. Интенсивные технологии обеспечивают оптимальный уровень минерального питания растений и применение химических средств защиты растений от вредителей, болезней, сорняков и полегания (Рис 1).



1 – режущий сферический диск с фигурными вырезами; 2- сепарирующее устройство; 3- высевающий аппарат; 4- прикатывающий каток.

Рисунок 1 – Расположение основных секций

Объектом исследования была выбрана лугопастбищная машина (далее ЛПМ-0,8) (Рис.1 и Рис.2.) разработанная преподавателем ФГБОУ ВО Тверской ГСХА (ТГСХА) кафедры технологических и транспортных машин и комплексов (ТТМиК) к.т.н., доцентом Кудрявцевым Андреем Васильевичем [3] [4].



1-диски; 2-сепаратор; 3-сошники; 4- каток; 5- бункер посевной секции;6-опорно-приводное колесо; 7-автосцепка;

Рисунок 2 – Общий вид лугопастбищной машины

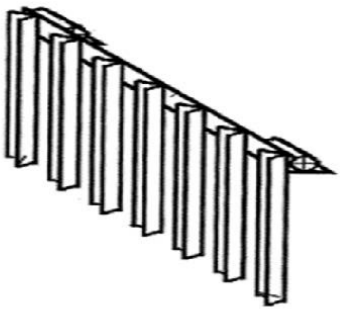
В данной машине изменению будет подвергнута секция с сепарирующий устройством. (Рис.3.) В исходном состоянии сепарирующее устройство представляет собой металлический прут, продетый через уши, на котором приварены полосы, изготовленные из металлического профиля.

В соответствии с задачами исследований было предусмотрено выполнение патентных исследований. Ретроспектива исследований составила 15 лет.

Патентный поиск по классу

1. Комкодавитель картофелеуборочной машины (Рис 4) – изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к устройствам для разрушения почвенных комков, используемых в картофелеуборочных машинах.

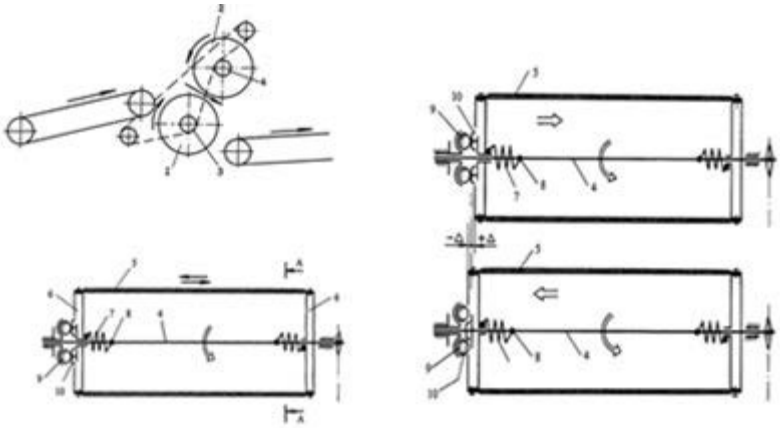




а б

Рисунок 3 (а, б). Общий вид сепарирующего устройства.

Задача предлагаемого изобретения - улучшение эксплуатационно-технологических характеристик комкодавителя картофелеуборочной машины за счет автоколебательных движений верхнего баллона и силового поля воздействия его рабочей поверхности на объемную массу картофельного вороха.



1, 2 –нижний и верхний цилиндрические баллоны; 3, 4 – приводные валы; 5 – эластичную покрышку; 6 – торцовые диски; 7 – винтовые пружины; 8 – втулки; 9 – шаровые упоры; 10 – выступы

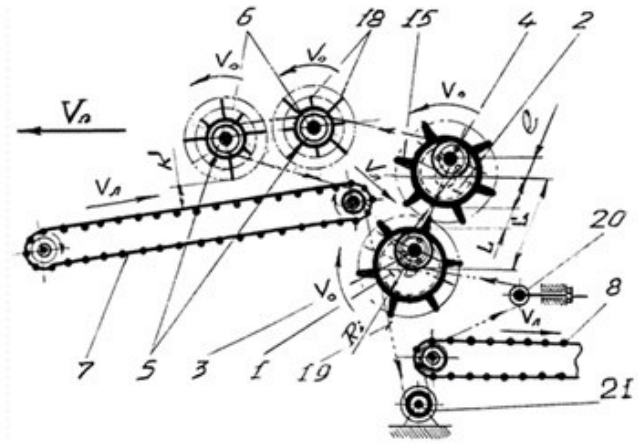
Рисунок 4 – схематически изображен комкодавитель картофелеуборочной машины, вид сбоку; верхний баллон комкодавителя, продольный разрез (кинематическая схема баллона); механизм вибрации вдоль оси вращения баллона комкодавителя, в двух положениях.

Поставленная задача достигается тем, что в комкодавителе картофелеуборочной машины, согласно изобретению верхний баллон установлен на приводном валу с возможностью углового и осевого перемещений относительно вала посредством коаксиально расположенных на нем винтовых пружин, одни концы которых закреплены соответственно на приводном валу, а другие - на торцовых дисках баллона, при этом он снабжен расположенным вдоль оси его вращения механизмом вибрации, выполненным в виде соединенных с корпусом подшипниковой опоры шаровых упоров и контактирующих с ним выступов, закрепленных на одном из торцовых дисков. Предлагаемое техническое решение просто в конструктивном исполнении и при использовании улучшает эксплуатационно-технологические характеристики комкодавителя картофелеуборочной машины [5].

2. Комкодавитель для картофелеуборочных машин (Рис. 5) – изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к устройствам для разрушения почвенных комков в картофелеуборочных машинах.

Технической задачей изобретения является улучшение эффективности работы комкодавителей - повышение качества разрушения почвенных комков, устранение сгруживания и залипания почвы.

Поставленная техническая задача достигается тем, что комкодавитель для картофелеуборочных машин, согласно изобретению снабжен двумя цилиндрическими барабанами-активизаторами с эластично-упругими рабочими органами, установленными на приводных валах над подающим транспортером, крепление нижнего и верхнего цилиндрических баллонов на приводных валах эксцентричное, поверхности эластичных покрышек перфорированы, через них пропущены эластично-упругие рабочие элементы - шипы-зацепы, закрепленные на поверхности внутреннего незамкнутого цилиндра, а торцовые диски посредством валика с концевыми фланцами жестко соединены между собой, образуя несущий рабочий каркас баллонов.



1, 2 –нижний и верхний цилиндрический баллон; 3, 4 – приводные валы; 5 –два одинаковых цилиндрических барабана-активизатора; 6 –приводных валах с равновекторными окружными скоростями «VO» вращения; 7, 8 – прутковые транспортеры; 9 – соединительный валик с концевыми фланцами; 10 –болтовые с гайками соединения; 11 – торцевые диски, 12 – болтовое со стопорной шайбой. 13 – эластичная покрышка; 14 – металлические обручи; 15 – упруго-эластичные шипы-зацепы; 16 – внутренний незамкнутый цилиндр; 17 – направляющие пластины; 18 – обрезиненные эластично-упругие прутки переменной длины; 19 – двусторонний клиновый ремень; 20 – натяжной ролик; 21 – всережимный вариатор изменения

Рисунок 5 – Схематически представлен комкодавитель для картофелеуборочных машин, вид сбоку

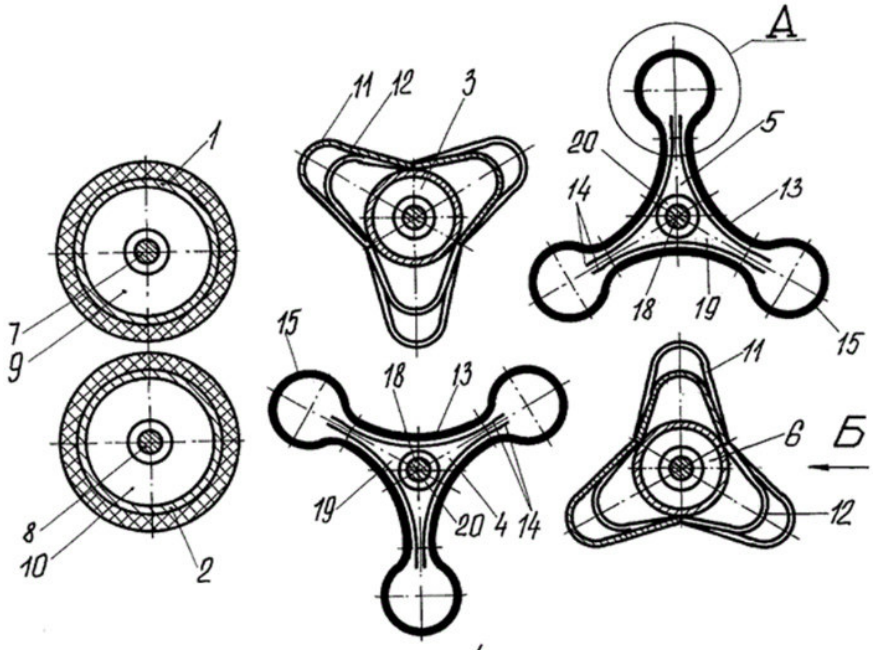
Наличие шипов-зацепов на баллонах с влагоотталкивающими поверхностями покрышек, равными и противоположными векторами окружных скоростей способствуют устранению сгруживания комков - почвенной массы с клубнями и залипания почвы.

Эксцентрично закрепленные на приводных валах баллоны, совмещая статический способ разрушения почвенной корки комков с динамическими - цикличными и плавно-ударными нагрузками, способствуют повышению качества разрушения комков и очищения клубней.

Наличие же барабанов-активизаторов способствует предварительному разрушению комков, активизируя технологический процесс, посредством упруго-эластичных элементов.

Таким образом, предлагаемое изобретение - устройство в представленном конструктивном исполнении совмещает динамические касательные силовые нагрузки со статистическим давлением эксцентрично-приводных эластичных баллонов с эластично-упругими рабочими элементами, предварительно активизирующими технологический процесс разрушения пласта почвы с клубнями на комки-комочки барабанов, они способствуют устранению сгруживания комков и залипания баллонов, повышают эффективность эксплуатации комкодавителей, улучшая качество разрушения почвенных комков[6].

3. Молотильно-сепарирующее устройство для обмолота легкоповреждаемых культур (Рис. 6) – изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано в устройствах для обмолота легкоповреждаемых культур.



1-8 – вальцы; 9 – шпонки; 10 – ступицы; 11, 12 – разновеликие сегменты; 13, 14 – рабочий элемент; 15 – петли, 16-20 – рабочие органы.

Рисунок 6 – Разрезы по вальцам молотильно - сепарирующего устройства для обмолота легкоповреждаемых культур, преимущественно нута.

Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, - получение высококачественного семенного материала при обмолоте легкоповреждаемых культур, преимущественно нута.

Технический результат - повышение производительности и снижение потерь семян.

Указанный технический результат достигается тем, что в известном молотильно-сепарирующем устройстве для обмолота легкоповреждаемых культур, включающем

попарно расположенные друг над другом вальцы, в первой паре подающих вальцов верхний из них подпружинен, а установленные с возможностью встречного синхронного вращения последующие пары вальцов снабжены обмолачивающими рабочими органами, согласно изобретению, обмолачивающие рабочие органы верхнего вальца первой пары и нижнего вальца второй пары выполнены в виде разновеликих сегментов, установленных с дискретным углом поворота вокруг оси вращения по винтовой линии, а обмолачивающие рабочие органы нижнего вальца первой пары и верхнего вальца второй пары образованы эластичной лентой, охватывающей криволинейные лопасти полого вальца с образованием петли на конце каждой лопасти и закрепленной на ней посредством планок и средств крепления, при этом в каждой паре вальцов разновеликие сегменты верхнего вальца размещены напротив впадины криволинейной лопасти нижнего вальца[7].

Вывод: в результате патентного поиска для сепарирующего устройства машины ЛПМ-0,8 были найдены методы модификации. На данный момент есть два варианта. Первый: приведение данного сепарирующего устройства в изначальное состояние с добавление за ней примерно похожую конструкцию, но с изменение угла расположения металлических полос и уменьшение их расстояния между ними. Второй: также, как и в первом варианте привести в рабочее состояние и также за ней расположить следующий механизм, но вместо полос закрепить металлическую сетку, где сами соты сетки буду меньшего диаметра. Данные изменения в теории должны улучшить работу сепарирующего устройства.

Список литературы:

1. Горбылева, А. И. Почвоведение: учеб. пособие / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский; под ред. А.И. Горбылевой. — 2-е изд., перераб. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2016. — 400 с.

2. Капустин, В. П. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 280 с.

3. Машины для обработки почвы посева и посадки: учебное пособие / Цепляев А.Н., Абезин В.Г., Скрипкин Д.В. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. - 148 с.

4. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ ЛУГОВ И ПАСТБИЩ ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛУГОПАСТБИЩНОЙ МАШИНЫ/ Российский государственный аграрный университет –МСХА имени К. А. Тимирязева» рук. Сафонов В. В, испол.: Кудрявцев А.В. с.20.

5. Пат. 2266635 Российская Федерация МПК AO1D 33/00. КОМКОДАВИТЕЛЬ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ. / Борычев С.Н.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства -№ 2004116633/12; заявл. 31.05.2004; опубл. 27.12.2005. Бюл. № 36. с.6

6. Пат. 2416188 Российская Федерация МПК AO1D 33/00. КОМКОДАВИТЕЛЬ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ. / Джавадов Р. Д., Михеев В. В.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии)-№ 2009133549/21; заявл. 07.09.2009; опубл. 20.04.2011 Бюл. № 11. с.5

7. Пат. 2275786 Российская Федерация МПК A01F 12/18, A01F 11/04. МОЛОТИЛЬНО - СЕПАРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБМОЛОТА ЛЕГКОПОВРЕЖДАЕМЫХ КУЛЬТУР. / Салдаев А.М., Бородычев В.В., Адьяев С.Б.; заявитель и патентообладатель Салдаев А.М., Бородычев В.В., Адьяев С.Б -№ 2004126838/12; заявл. 06.09.2004; опубл. 10.05.2006 Бюл. № 13. с.9

Брагин Андрей Дмитриевич, магистрант,
Кудрявцев Андрей Васильевич, к.т.н, доцент
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, Россия, г. Тверь

ANALYSIS OF SEPARATING DEVICE DESIGNS.

Bragin A.D., Master student, Kudryavtsev A.V., Ph.

Tver State Agricultural Academy, Russia, Tver

Abstract. The development of agriculture is the main task in ensuring food security of the country. At the same time, an important place is occupied by processing of products in fodder production, where high-tech and reliable machines and equipment are required. The aim of the research: to improve crushing of large clods of soil by means of modernization of the separator. Objectives: To conduct a patent search for existing designs of separators, as well as similar agricultural machinery for soil treatment. To draw conclusions and because of these conclusions to design a prototype of a separator for testing in the field. Based on these findings, new separators could then be produced, or older separators modified to increase performance, reliability, and to reduce costs and failure rates. All these procedures are carried out at the Agricultural Academy.

Key words: separating device, modernization, improvement of soil separator quality, agricultural technology, clodders, agricultural machinery.

Bragin Andrey Dmitrievich - master student;
Kudryavtsev Andrey Vasilievich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Tver State Agricultural Academy;
170904, Tver region, Tver, Marshala Vasilevskogo (Sakharovo) str.7;
Contact phone: 8-919-053-00-78;TELEPHONE / FAX: (4822) 53-12-36; City code: +7 4822;
E-mail: swatgusin456@mail.ru

УДК 621.432.004.62/.63

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Хараев Г.И.
ФГБОУ ВО «ВСГУТУ»

Аносова А.И.
ФГБОУ ВО «ИрГАУ»

Аннотация. *Развитие агропромышленного комплекса России на качественно новый уровень предполагает применение результатов научно-технического прогресса в области сельскохозяйственной науки Ключевым источником энергии при выполнении производственных процессов на селе являются поршневые двигатели внутреннего сгорания. Повышению ресурса ДВС во многом способствуют инновационные научные разработки. Проведение исследований осуществлялось методом обзора и анализа литературных источников. Также применялись аналитические способы рассмотрения изучаемых процессов. Выявлено, что функционирование силового агрегата в его сопряжениях образуется электрический ток, величина которого коррелирует со свойствами трущихся материалов, а также температуры в сопряжении.*

В данной работе приведены исследования факторов снижения износа поршневых двигателей внутреннего сгорания, как основного источника энергии автотракторной техники. На основе полученных результатов определены перспективные направления научного поиска.

Ключевые слова*: агропромышленный комплекс, автотракторная техника, поршневые двигатели внутреннего сгорания, износ.*

Введение

Становление агропромышленного комплекса на качественно новый уровень развития предполагает применение результатов научно-технического прогресса в области сельскохозяйственной науки [1-4]. Не составляет исключение в этом плане техническое обеспечение аграрного сектора страны. Ключевым источником энергии при выполнении производственных процессов на селе являются поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Повышению ресурса ДВС во многом способствуют инновационные научные разработки [5-8].

Цель работы – исследование факторов снижения износа поршневых двигателей внутреннего сгорания, как основного источника энергии автотракторной техники. На основе полученных результатов определение перспективных направлений научного поиска.

Материалы и методы

Обзор и анализ литературных источников по инновационным исследованиям развития технической поддержки аграрного сектора, включая силовые агрегаты автотракторной техники. Изучение факторов снижения износа ДВС. Применение аналитических способов исследования рассматриваемых процессов на основе известных в литературе зависимостей.

Результаты и обсуждение

Функционирование поршневого силового агрегата сопровождается передвижением многочисленных поверхностей друг относительно друга. Разделяют разные трущиеся поверхности смазочные масла. Смазочные масла содержат ряд присадок, которые характеризуются повышенной химической активностью, а также наличием влаги в растворенном виде. В том числе, масло обладает электрохимической активностью, а значит, представляет собой электролит**.**

В зонах трения происходит коррозионно-механическое изнашивание деталей. В этой связи места сопряжения силового агрегата являют собой некую трехфазную систему (металл I - электролит III - металл II). Эта система представляет собой своеобразную электрохимическую систему, поэтому в ней функционируют главные электрохимические законы (рис. 1).

В ходе трения при наличии электролита осуществление электрохимических процессов сопровождается деформированием отдельных микронеровностей трущихся поверхностей при относительном их перемещении. А именно при сопряжении контактирующих частей будут возникать и исчезать короткозамкнутые гальванические микропары.

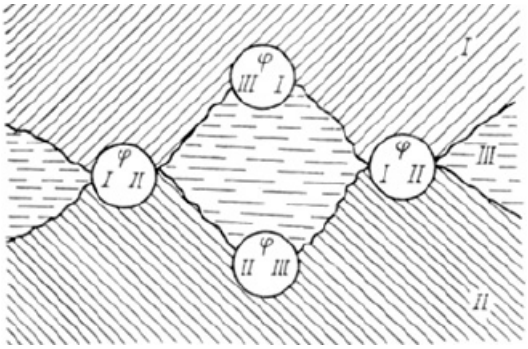


Рисунок 1 - Схема зоны контакта трущихся поверхностей:

I – зона металла первой поверхности; *II* – зона металла второй поверхности; *III* - электролит (масло смазочное)

Изучение процесса функционирования сопряжения как трехфазной системы (рис. 1), демонстрирует, что на границе зоны контакта металл – масло смазочное, в связи появления, а также разрушения контактов, происходят скачки потенциала, а в зонах металлического контакта - контактная разность потенциалов. Образующаяся в процессе этого электродвижущая сила содействует осуществлению на отдельных зонах контактируемых микронеровностях реакций окислительно-восстановительного характера.

В процессе реакции приводят к образованию краткосрочных локальных окислительных пленок, которые при возникновении замыкания микронеровностей зачищаются. В итоге осуществляется прямой контакт металлов, являющийся причиной резким изменениям потенциала, а именно значение их частоты коррелирует со скоростью относительного передвижения (скольжения), а также шероховатостью трущихся поверхностей, в том числе другими факторами. Поэтому, ход процесса трения в рассматриваемых трехфазных сопряжениях будет характеризоваться не только импульсными колебаниями величины сдвига потенциалов, но также и их изменениями.

По причине того, что разность потенциалов представляет собой итог различной величины энергии, расходуемой на выход электрона из жидкости или же твёрдого тела, для трехфазных сопряжений поршневых двигателей внутреннего она выражается так:

$$\varphi = W_I - W_{III} - W_{II},$$

где W_I - энергия выхода электрона из металла *I*; W_{II} - энергия выхода электрона из металла *II*; W_{III} - энергия выхода электрона из электролита *III*.

Беря во внимание, что значение температуры в зонах контакта трущихся пар всегда не равна нулю, то в соответствии с существующей элементарной теорией, можно выразить

$$\varphi = \frac{KT}{e} In \frac{n_2}{n_1}$$

где *K* - постоянная Больцмана;
T – значение температуры в сопряжении,
K; e - заряд электрона, *Кл;*
n_1 и n_2 - соответственно, значение концентрации электронов в металлах трущихся составляющих частей.

Далее, учитывая, что значение температуры электролита будет тождественна значению температуры одной из поверхностей и при этом, в случае условия разности значений температур самих поверхностей трения, что свойственно для реальных сопряжений силовых агрегатов, получим

$$\varphi = \varepsilon = \frac{K}{e}(T_I - T_{II}) In \frac{n_2}{n_1}$$

В этой зависимости величина ε будет являться термоэлектродвижущей силой.

Как видно, при функционировании силового агрегата в его сопряжениях образуется электрический ток, величина которого коррелирует со свойствами трущихся материалов, а также температуры в сопряжении.

Как рассмотрено выше образование локальных окислительных граничных пленок является результатом процесса взаимодействия металлов сопряжений с внешней (непосредственно разделяющих их) средой. Процесс формирования пленок представляет собой процесс окисления, которому характерно адсорбционное понижение поверхностной прочности применяемого металла, а это в свою очередь является причиной образования при контакте его пластического деформирования. Величина свободной поверхностной энергии зависит от протекания процесса, который коррелирует с условиями на границе контактируемых поверхностей трения. А именно, значение прочности твердых тел будет пропорционально значению их поверхностной энергии [9]. Поэтому собственно процесс трения в сопряжениях может быть рассмотрен в таком аспекте. В первой фазе, в виду особенных условий в сопряжении, при осуществлении физической адсорбции поверхностей наблюдается уменьшение их поверхностной энергии, что способствует облегчению процесса перехода электронов. При этом происходит образование разности потенциалов, а это интенсифицирует протекающие электрические процессы, под влиянием которых запускаются электрохимические процессы. Их появление объясняет образование окисных пленок в зонах контакта, а также изменением условий в местах контакта. Более того этот процесс будет интенсифицировать в ходе роста электрохимической, в том числе

механической активации. Это является причиной снижения поверхностной твердости трущихся материалов, а это в свою очередь под влиянием механических аспектов приводит к их пластической деформации.

Явление пластической деформации поверхностей трения инициирует механохимический эффект [10], который состоит в том, что уменьшение поверхностной энергии металлов ведёт к облегчению перехода электронов, а это в свою очередь активизирует химические реакции между разделяющей трущиеся поверхности средой, включая металл, сопровождающийся снижением прочностных свойств [11].

Вывод

Одним из приоритетных направлений снижения износа металлов сопряжений силовых агрегатов является предупреждение образования в них разности потенциалов. Это обеспечивается с помощью формирования на рабочих поверхностях трения сопряжений диэлектрических покрытий, а также осуществления поляризации металлов, входящих в сопряжения от внешней среды, в том числе активным использованием инновационных ингибиторов коррозии. Развитие этого направления исследований, протекающих в сопряжениях поршневых двигателей внутреннего сгорания в присутствии смазочного масла, имеет большие перспективы.

Библиография

1. Сухаева А.Р. и др. Аналитическое обоснование конструктивных параметров аппарата для обмолота и измельчения хлебной массы // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 29. С. 29-36.
2. Поляков Г.Н. и др. Модернизация сепаратора измельченного вороха зерновых колосовых культур // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 4-9.
3. Шуханов С.Н., Хороших О.Н., Хараев Г.И. Результаты экспериментального исследования процесса дозирования торфа бункером-дозатором // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 139-144.
4. Цэдашиев Ц.В., Модернизация аппарата для активного вентилирования масс сельскохозяйственной продукции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 106-109.
5. Шуханов С.Н., Кузьмин А.В., Болоев П.А. Надежность работы машинно-тракторного агрегата // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 1. С. 8-20.
6. Shukhanov S.N., Kuzmin A.V., Polyakov G.N., Sukhaeva A.R., Kovalivnich V.D. Influence of air temperature on warming up the engine of automotive vehicles // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Green Energy, Ecology and Earth Science" - Green Energy and Earth Science" 2021. С. 052003.
7. Аносова А.И. и др. Методика определения безотказности и поиска неисправностей при диагностировании технических средств // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 181-183.
8. Аносова А.И. и др. Функциональная диагностика двигателей внутреннего сгорания // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 58. С. 10-13.
9. Дзюб А. Г., Кузнецов В.А., Прейс.Г.А. Исследование скорости коррозии при трении // Киев. Пищевая промышленность. В сб.: Проблемы трения и изнашивания, вып. 17. 1980. 1-18.

10. Карпенко Г. В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов. // АН УССР, Физ. – мех. ин-т. – Киев: Наук. думка. 1976. 127С.

11.Уханов Д.А., Уханов А.П., Перов В.А. Наведенная эдс-критериальный показатель минимальной частоты вращения коленчатого вала поршневого ДВС // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (41). С. 21-25.

Хараев Геннадий Иринчеевич, доктор технических наук, доцент, kharaev.g@yandex.ru, Россия, Улан-Удэ, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

Аносова Анна Иннокентьевна, кандидат технических наук, доцент, a.anosova@yandex.ru, Россия, Иркутск, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

SOME FACTORS OF WEAR REDUCTION IN INTERNAL COMBUSTION RECIPROCATING ENGINES

Kharaev Gennady Irincheevich, Anosova Anna Innokentievna

Abstract. The development of the agro-industrial complex of Russia to a qualitatively new level involves the application of the results of scientific and technological progress in the field of agricultural science. Reciprocating internal combustion engines are a key source of energy in the production processes in the countryside. Innovative scientific developments largely contribute to increasing the resource of internal combustion engines. The research has been carried out by the method of review and analysis of literary sources. Analytical methods for considering the processes under study were also used. It is revealed that the functioning of the power unit in its interfaces generates an electric current, the value of which correlates with the properties of the rubbing materials, as well as the temperature in the interface. The paper presents studies of the factors for reducing the wear of piston internal combustion engines, as the main source of energy for automotive and tractor equipment. Based on the results obtained, promising areas of scientific research are determined.

Key words: agro-industrial complex, automotive and tractor equipment, reciprocating internal combustion engines, wear.

Kharaev Gennady Irincheevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, kharaev.g@yandex.ru, Russia, Ulan-Ude, East Siberian State University of Technology and Management

Anosova Anna Innokentievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, a.anosova@yandex.ru, Russia, Irkutsk, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky

УДК 621.9

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА СБОРОЧНЫХ УЧАСТКАХ

Н. И. Мозговой, Чивас В.С.

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Аннотация. *Для большинства современных сельскохозяйственных предприятий в условиях рынка и существующих санкций остро стоит вопрос по рационализации производства с целью снижения издержек и повышения его производительности. Одним из основных рабочих органов сельскохозяйственной техники являются пневмоцилиндры, которые представляют собой механические устройства, использующие мощность сжатого газа для создания силы при возвратно-поступательном линейном движении. В статье изложены основные принципы организации технологического процесса сборки пневмоцилиндров, направленные на повышение производительности труда. Описывается влияние каждого принципа на результат технологической сборки изделий: испытательного стенда, который повышает точность позиционирования собираемых деталей для сельскохозяйственной техники с минимизацией влияние человеческого фактора на результат; повышения эргономичности рабочего места снижает утомляемость рабочего и исключает его ненужное перемещение; снижения расхода смазочного материала во время выполнения сборочной операции за счет внедрения специального приспособления; повышения долговечности ответственных деталей сельскохозяйственной техники за счет улучшения их качества смазывания. Рассмотренные принципы повышения производительности труда на участке сборки не являются узкоспециализированными, возможна адаптация принципов под номенклатуру изделий другого предприятия.*

Ключевые слова: *принципы организации, технологический процесс сборки, повышение производительности труда.*

Введение. В условиях функционирования рыночной экономики важной составляющей производственного процесса является достижение высокого качества выпускаемой продукции, поскольку именно качество в наибольшей мере предопределяет конкурентоспособность изделий на рынке, поэтому для большинства современных сельскохозяйственных машиностроительных предприятий остро стоит вопрос по рационализации производства с целью снижения издержек и повышения его производительности [1, 2].

Мероприятия по совершенствованию технологических и организационных процессов позволяют повысить уровень конкурентоспособности предприятий, что положительно влияет на прибыльность предприятия и его имидж в целом.

Одним из способов рационализации является оптимизация сборочных процессов, которая достигается путем соблюдения основополагающих принципов организации ТП сборки. Данные принципы легли в основу организации ТП сборки пневмоцилиндров на одном из предприятий города Барнаула, доказав свою эффективность на практике.

Исходными данными для проектирования технологических процессов сборки изделия являются:

- сборочный чертеж изделия - пневмоцилиндра;
- чертежи деталей;
- спецификация к изделию;
- годовой объем выпуска изделий - 2000 шт;
- продолжительность выпуска изделия - 2 года.

Материалы и методы исследования

В условиях функционирования рыночной экономики важной составляющей производственного процесса является достижение высокого качества выпускаемой продукции, поскольку именно качество в наибольшей мере предопределяет конкурентоспособность изделий на рынке. Такая тенденция требует повышенного внимания к вопросам стандартизации и совершенствованию технологического процесса сборки, применения новых и передовых технологий при разработке технологического процесса: разработка чертежей и технологической документации, связанная с выбором необходимой точности поверхностей и шероховатости, обоснованием посадок, с учётом технологических особенностей обработки выбором контрольно-измерительных средств, особенно с обоснованным нормированием последовательности сборки изделия в целом, что, в первую очередь, формирует качественные показатели машиностроительных изделий.

Последовательность общей сборки изделия определяется его конструктивными особенностями и заложенными в конструкции методами получения требуемой точности. Форма организации сборочного процесса оказывает меньшее влияние на последовательность сборки изделия.

ТП сборки пневмоцилиндров состоит из 8 этапов, прописанных в инструкции по сборке (рис.1).

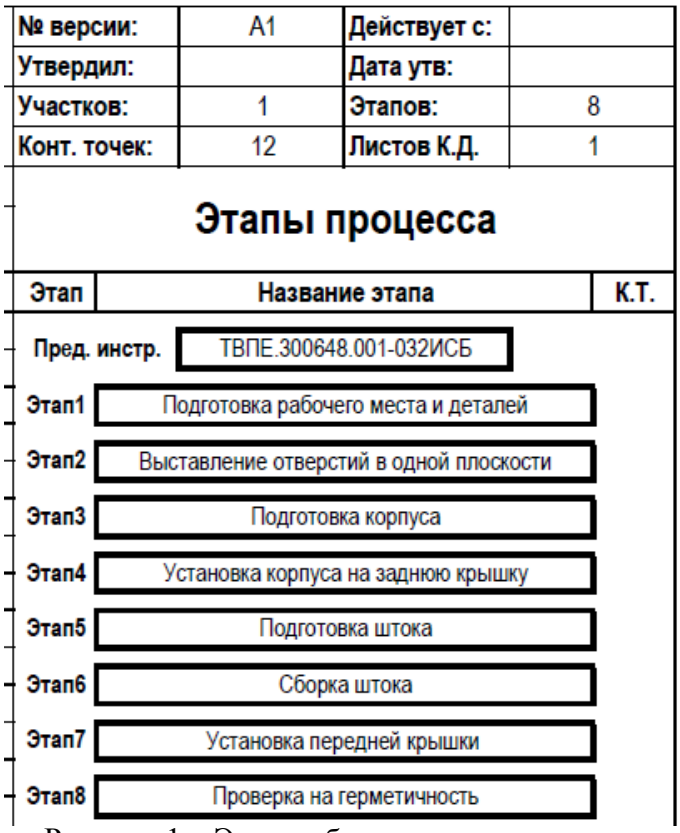


Рисунок 1 – Этапы сборки пневмоцилиндров

Данная технология сборки основана на пяти принципах, которые обеспечивают

высокое качество работ и максимальную производительность труда.

Первый принцип – это разработка и актуализация производственных инструкций по сборке.

Инструкция по сборке представляет собой документ, в котором однозначно определен алгоритм действий, позволяющий наиболее оптимальным способом выполнить операции по сборке пневмоцилиндра. Правильно составленная инструкция позволяет увеличить темпы сборки, снизить влияние человеческого фактора на качество собираемых изделий, а также сократить время обучения нового сотрудника [3, 4, 5].

Второй принцип – это правильная организация рабочего пространства.

Безусловно, понятие «правильности» каждому человеку индивидуально, но существуют основные нормы, позволяющие повысить эргономичность рабочего места, в такие нормы входят габариты верстаков, высота расположения и глубина полок, организация мест хранения инструмента, отсутствие на рабочем месте посторонних предметов, которые не участвуют в процессе сборки и другие параметры рабочего пространства.

Пример организации рабочего места слесаря представлен на рисунке 2.

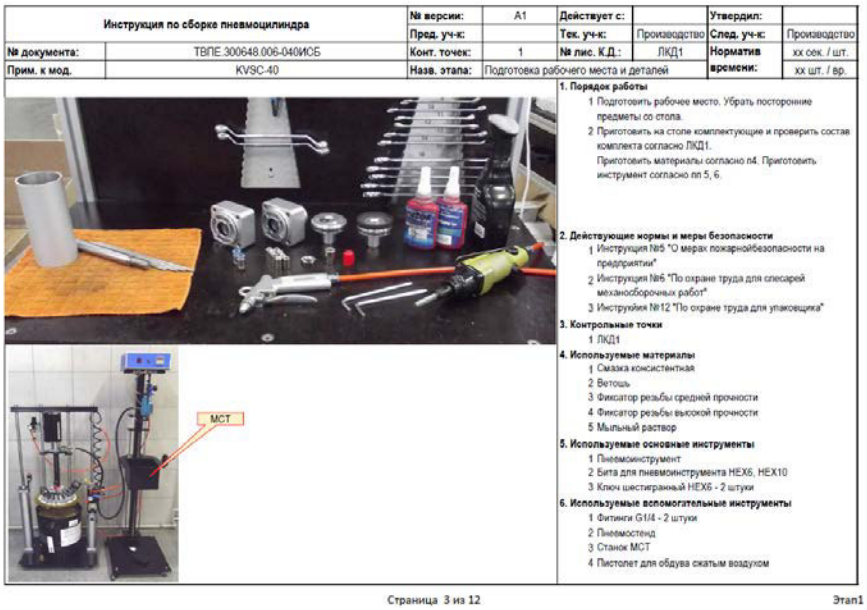


Рисунок 2 – Пример организации рабочего места слесаря.

Повышение эргономичности рабочего места, снижает утомляемость рабочего, а также устраняет его ненужное перемещение, сокращая общее время сборочного процесса и повышая производительность.

Третий принцип – это использование современного механизированного и слесарно-сборочного инструмента.

Возможность быстрой переналадки, высокий КПД, мобильность, так же компактность современного инструмента позволяет выполнять операции ТП сборки быстро, качественно, обеспечивая высокую повторяемость.

Четвертый принцип – это разработка и внедрение специальной оснастки.

Использование специальной оснастки, спроектированной для конкретной операции, часто обусловлено особенностью конструкции сопрягаемых деталей. В данном случае в арсенале слесаря существуют оправки для установки поршня в сборе с уплотнительными элементами в корпус пневмоцилиндра. Приспособление повышает эффективность труда

рабочего и снижает уровень брака.

Пятый принцип – это автоматизация процессов.

Технологический процесс сборки включает в себя целый ряд операций, две из них - смазка внутренней поверхности корпуса и контрольное испытание пневмоцилиндров – автоматизированы [6, 7, 8]**.**

На данном предприятии в ТП сборки автоматизированы две операции - это смазка внутренней поверхности корпуса при помощи машины смазки (рис.3) и контрольное испытание готового изделия при помощи испытательного стенда для пневмоцилиндров (рис.4)**.**

Смазка внутренней поверхности корпуса пневмоцилиндра необходима для уменьшения трения между сопрягаемыми деталями во время их работы. Для уменьшения расхода смазочного материала во время выполнения операции было разработано специальное приспособление – станок МСТ (машина смазки труб) (рис. 3).

Оборудование состоит из двух модулей: модуль маслонагнетателя и модуль распыления.

В процессе сборки слесарь, в первую очередь джойстиком поднимает (опускает) емкость для сбора смазки на необходимую высоту, затем подносит корпус пневмоцилиндра к соплу и нажатием кнопки активирует маслонагнетатель. Смазка под давлением попадает в сопло модуля распыления и оттуда распыляется равномерным слоем по поверхности корпуса.

Станок имеет гибкую систему регулировок и позволяет наносить смазку быстро и равномерно, помимо этого, излишки смазки скапливаются в емкости, а затем используется повторно.

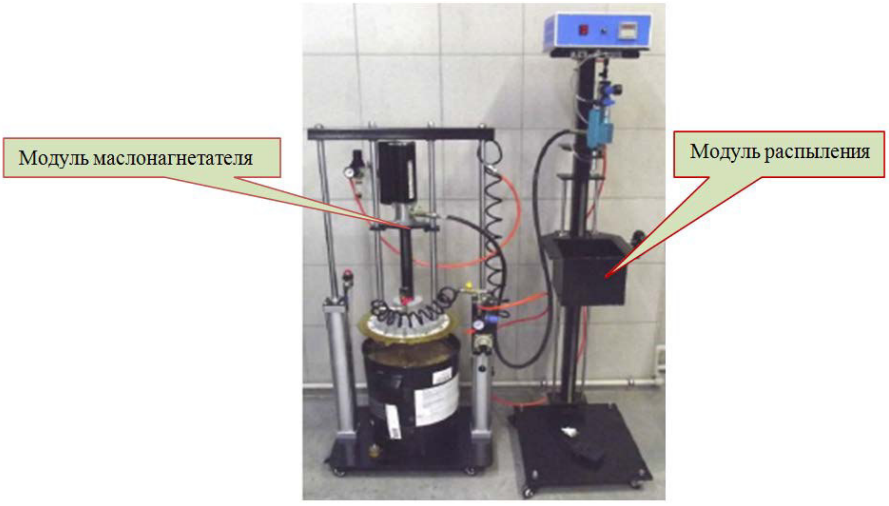


Рисунок 3 – Станок МСТ**.**

Чтобы проверить собранное изделие на наличие брака проводят контрольное испытание, в ходе которого определяются его работоспособность и герметичность.

Для сокращения потерь времени на стадии испытаний был разработан испытательный стенд (рис.4). Данный стенд выполняет цикл испытаний в автоматическом режиме, минимизируя влияние человеческого фактора на результат.

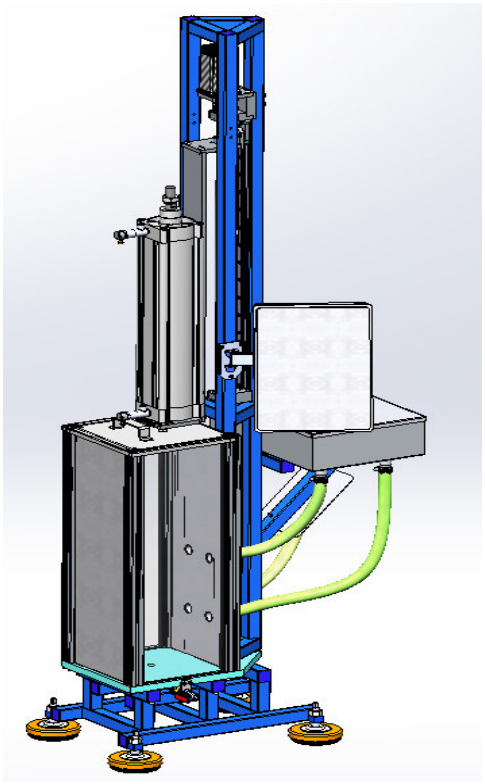


Рисунок 4 – Испытательный стенд.

Суть испытания заключается в том, чтобы проверить пневмоцилиндр на герметичность. Для этого изделие устанавливают на площадку стенда, подключают к пневматической магистрали и опускают в резервуар с жидкостью. После этого в магистрали создается давление, шток пневмоцилиндра выдвигается на величину рабочего хода и останавливается на определенное время, затем возвращается обратно, этот цикл повторяется несколько раз автоматически, по заданному алгоритму.

Герметичность оценивается по неизменности величины давления в магистрали, и дополнительно контролируется визуально сквозь прозрачные стенки резервуара.

Результаты и обсуждение

Разработка и актуализация инструкций позволяет исключить «ненужные» действия и операции в технологическом процессе.

Правильная организация рабочего места повышает эффективность труда и уменьшает утомляемость.

Использование качественного слесарно-сборочного и механизированного инструмента повышают производительность труда.

Автоматизация процессов позволяет сократить расход материалов и влияние человеческого фактора на качество изготавливаемой продукции и результаты испытаний.

Выводы

1. Предложен испытательный стенд, входящий в технологический процесс сборки, который повышает точность позиционирования собираемых деталей для сельскохозяйственной техники с минимизацией влияние человеческого фактора на результат.

2. Повышение эргономичности рабочего места позволило снизить утомляемость рабочего и исключить его ненужное перемещение, что привело к сокращению общего времени сборочного процесса и повысило производительность.

3. Снижен расхода смазочного материала во время выполнения сборочной операции за счет внедрения специального приспособления – станка МСТ.

4. Повышена долговечность ответственных деталей сельскохозяйственной техники за счет улучшения качества смазывания пар трения-качения.

Принципы повышения производительности труда на участке сборки, которые данное предприятие активно развивает не являются узкоспециализированными, это значит, что практику их внедрения и развития можно применить на других предприятиях. После адаптации принципов под другую номенклатуру изделий гарантированно возрастет производительность предприятия и снизятся производственные издержки.

Список использованных источников:

1. Басаков, М.И. Охрана труда: безопасность жизнедеятельности в условиях производства: учебно-практическое пособие / М.И. Басаков. - М.: Ростов н/Д: Феникс, 2017. - 345 с.

2. Герасимова, Г.Е. Все о качестве. Отечественные разработки. Научно-технический сборник. Выпуск №5(56) 2008: Процессы: подходы и трудности. Бережливое производство / Г.Е. Герасимова. - М.: НТК "Трек", 2017. - 998 с.

3. ГОСТ Р 56908-2016. Бережливое производство. Стандартизация работы. М., 2016. 11 с.

4. Матвеев, В.Н., Абызов А.П., Схиртладзе А.Г. Научные основы технологии машиностроения. Учебное пособие для вузов. Альметьевск, 2003. 245с

5. Производственная инструкция по сборке пневмоцилиндров ТВПЕ.300648.006-040.

6. Раджу, Н. Бережливые инновации: технологии умных затрат : [12+] / Н. Раджу, Д. Прабху. – Москва : Олимп-Бизнес, 2017. – 416 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494951 (дата обращения: 01.12.2022). – ISBN 978-5-9909050-6-1. – Текст : электронный.

7. Хоббс, Д. Внедрение бережливого производства. Практическое руководство по оптимизации бизнеса / Д. Хоббс. - Москва: Гревцов Паблишер, 2015. - 352 с. - Текст : непосредственный.

8. Энциклопедия по машиностроению XXL – URL: https://mash-xxl.info/info/718504/ - (дата обращения: 02.12.2022).

Мозговой Николай Иванович, канд.техн.наук, доцент, ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, пр.Ленина, 46, e-mail: Nick_3@mail.ru

Чивас Владислав Станиславович, магистрант, ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, пр.Ленина, 46, e-mail: vlad.chivas@bk.ru

INCREASED PRODUCTIVITY IN ASSEMBLY AREAS

Mozgovoy N.I., Chivas V.S.

FSAEI HE Polzunov Altai State Technical University

Abstract. For the majority of modern agricultural enterprises under market conditions and existing sanctions, the issue of streamlining production in order to reduce costs and increase its productivity is acute. One of the main working bodies of agricultural machinery are pneumatic cylinders, which are mechanical devices that use the power of compressed gas to create force in a reciprocating linear motion. The article describes the basic principles of organization of the technological process of pneumatic cylinders assembly, aimed at increasing labor productivity. The influence of each principle on the result of the technological assembly of the products is described: a testing stand, which increases the accuracy of positioning of the assembled parts for agricultural machinery with minimization of the human factor influence on the result; increase of ergonomics of the working place reduces fatigability of the worker and excludes his unnecessary motion; decrease of the lubricant consumption during the assembly operation at the expense of the introduction of a special device; increase of durability of critical parts of agricultural machinery. The considered principles of increasing labor productivity at the assembly area are not highly specialized, adaptation of the principles to the product range of another enterprise is possible.

Key words: principles of organization, assembly process, increase in labor productivity.

Mozgovoy Nikolai Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE Altai State Technical University. I. I. Polzunova, Barnaul, Lenin Ave., 46, e-mail: Nick_3@mail.ru

Chivas Vladislav Stanislavovich, undergraduate, FSBEI HE Altai State Technical University. I. I. Polzunova, Barnaul, Lenin Ave., 46, e-mail: vlad.chivas@bk.ru

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

УДК 378.091.6:378.091.313:62-551.3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДВУХПОЗИЦИОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

К.Н. Лебедев, П.К. Лебедев

Азово Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
г. Зерноград, Россия

Аннотация. *Основные сведения об автоматическом управлении, в частности типовые законы регулирования, изучаются студентами практически каждого технического направления среднего специального и высшего образования. В рамках изучения теории автоматического управления нами используется лабораторная установка, включающая модель брудера, двухпозиционный регулятор ОВЕН ТРМ-202, персональный компьютер с установленным ПО и адаптер интерфейсов АС-3. В процессе проведения лабораторной работы производится конфигурирование регулятора и запись данных об изменении управляемой величины по времени в различных режимах работы и/или при различных параметрах элементов, что позволяет наглядно продемонстрировать особенности двухпозиционного регулирования и современные технологии промышленной автоматизации. Также при помощи российского программного комплекса SimInTech производится структурное моделирование двухпозиционных регуляторов на основании экспериментально определенных передаточных функций элементов. Таким образом, лабораторная установка позволяет не только демонстрировать работу двухпозиционных регуляторов и производить их настройку, но и изучать свойства регуляторов в режимах, недоступных на физической модели.*

Ключевые слова: *Автоматизированный стенд, лабораторные работы, физический эксперимент, двухпозиционное регулирование, моделирование динамических систем.*

Введение. Практически по каждому техническому направлению обучения студентов среднего специального и высшего образования в рамках изучения основных принципов автоматического управления проводятся лабораторные и/или практические занятия, связанные с базовыми законами автоматического регулирования, к которым относится двухпозиционное (релейное) регулирование [1, 2]. Простота реализации, применимость к значительному числу объектов управления, отсутствие возможности неустойчивых режимов работы (свойственной непрерывным регуляторам), несложность настройки привели к широкому распространению такого рода регуляторов во всех сферах промышленности и быта. Это, прежде всего, терморегуляторы типа «нагреватель» и «холодильник».

Принцип действия двухпозиционных регуляторов заключается в выработке одного из двух возможных по величине управляющих воздействий, соответствующих позициям исполнительного элемента (обычно «включено» и «выключено») в зависимости от текущего измеренного значения управляемой величины [3]. Двухпозиционный закон управления обеспечивает приемлемое качество регулирования, если передаточное запаздывание в канале управления существенно меньше переходного запаздывания в объекте управления. Другими

словами, двухпозиционные регуляторы подходят для инерционных объектов управления и в случае, если в регуляторе нет элементов с существенной задержкой сигнала (трубопроводов, конвейеров и т.д.).

Вследствие релейного принципа работы, такого рода регуляторам свойственен колебательный режим работы, что определяет периодический закон изменения управляемой величины. Нелинейный характер объекта управления и самого регулятора приводит к неоднозначной зависимости между настройками регулятора (верхним и нижним порогами срабатывания, либо уставкой и величиной зоны нечувствительности) и параметрами автоколебательного изменения управляемой величины. Имеется также зависимость между величиной возмущающего воздействия со стороны окружающей среды, а также параметрами элементов регулятора и показателями качества регулирования.

Основная часть. Наличие описанных особенностей работы двухпозиционных регуляторов наряду с распространенностью делает необходимым их изучение студентами инженерных специальностей на лабораторных установках и желательность подкрепление знаний путем моделирования на ЭВМ. В связи с этим был создан автоматизированный стенд для изучения двухпозиционных регуляторов и разработано практическое занятие по их моделированию в среде SimInTech [1, 4, 5].

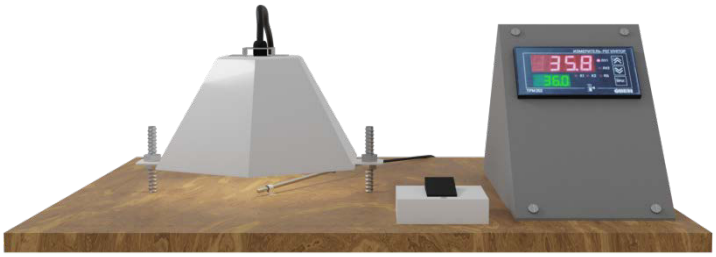
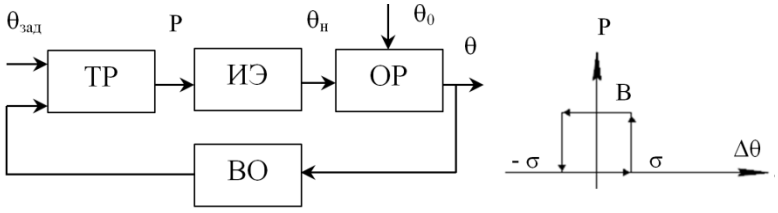


Рисунок 1 – 3D модель лабораторной установки

В качестве объекта управления используется физическая модель брудера, в которой исполнительным элементом (нагревателем) является лампа накаливания (рисунок 1). Использование лампы делает наглядным процесс регулирования. В качестве двухпозиционного регулятора применен прибор ОВЕН ТРМ-202 [6]. Структурно-функциональная схема стенда показана на рисунке 2, а.



а) б)

ОР – объект регулирования (подзонтичное пространство брудера);
ИО – исполнительный элемент (нагреватель);
ВЭ – воспринимающий элемент (датчик); ТР – терморегулятор

Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема лабораторного стенда (а) и P = f(Δθ) – релейная характеристика регулятора (б)

Приняты следующие обозначения физических величин: θ – температура воздуха (регулируемая величина); $\theta_н$ – температура нагревательного элемента (регулирующее воздействие); P – мощность нагревательного элемента; $\theta_{зад}$ – уставка регулятора (заданная температура); θ_0 – температура окружающей среды (возмущающее воздействие), Δθ – отклонение температуры от заданного значения, σ – дифференциал, B=2σ – зона нечувствительности.

Так как двухпозиционный регулятор ОВЕН ТРМ-202 поддерживает передачу данных по сети промышленного стандарта RS-485, для автоматизации процесса записи переходных характеристик в лабораторной установке применен адаптер интерфейсов ОВЕН АС-3 и персональный компьютер с установленной технологической SCADA-системой OWEN PROCESS MANAGER (OPM). На рисунке 3 представлены примеры интерфейса программы OPM, позволяющей считывать в реальном времени данные с ТРМ-202, отображать их в виде графика и сохранять зависимости управляемой величины от времени в виде файлов.

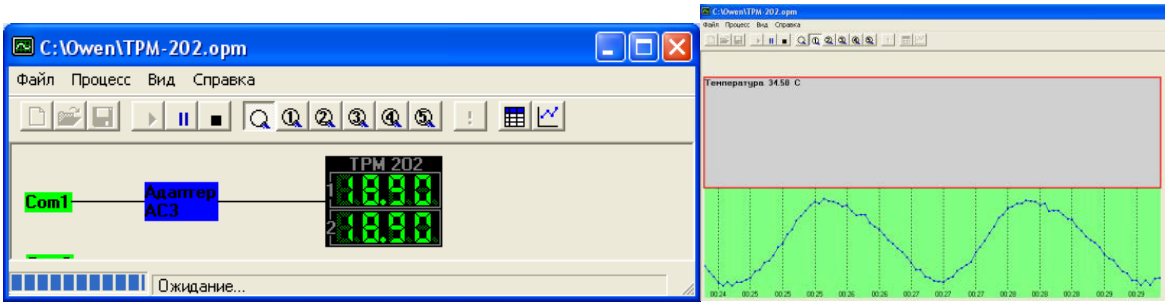


Рисунок 3 – Примеры интерфейса OWEN PROCESS MANAGER

В процессе исследования работы двухпозиционного регулятора производится формирование графиков изменения температуры и их запись в файл, включающий участки первоначального разгона до установленного значения уставки и регулирование в течение нескольких периодов колебаний управляемой величины с различными параметрами элементов регулятора. Величину уставки, какие параметры и каким образом изменять, задает преподаватель. Например, при снятии зависимости, представленной на рисунке 4, изменялась постоянная времени датчика при помощи металлического уголка, располагаемого на термометре сопротивления.

Период колебаний T_1 с амплитудой A_1 (рисунок 4) соответствует более значительной величине постоянной времени датчика, чем аналогичные величины T_2 и A_2 при меньшей постоянной времени. Таким образом, лабораторная установка позволяет наглядно демонстрировать двухпозиционное регулирование и изучать особенности его практического применения.

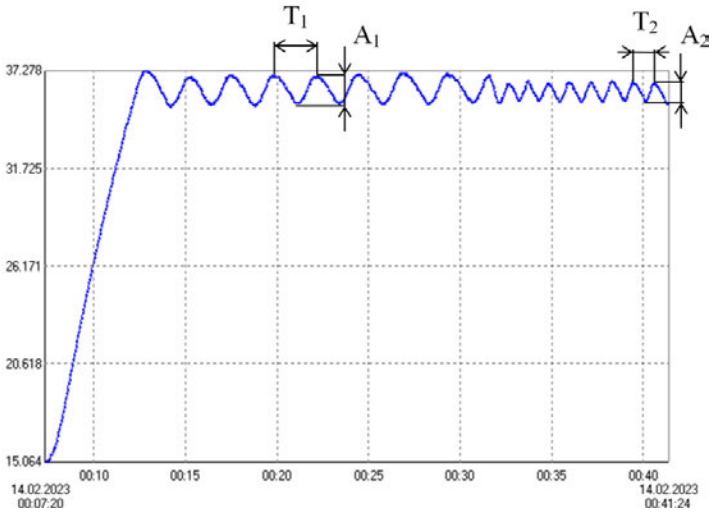


Рисунок 4 – Пример экспериментального графика изменения температуры при двухпозиционном регулировании

Распространенным методом исследования свойств динамических систем является математическое (структурное) моделирование при помощи компьютерных программ, при этом исходными данными являются передаточные функции элементов. В процессе физического моделирования на лабораторной установке по переходной характеристике можно определить передаточные функции некоторых элементов [2]. Например, задав величину уставки двухпозиционного регулятора, превышающую максимально возможную установившуюся температуру при постоянно включенном нагревателе, студенты снимают переходную характеристику (рисунок 5), по виду которой определяется, что передаточная функция $W_p(s)$ объекта регулирования совместно с исполнительным элементом (нагревателем) имеет вид апериодического звена первого порядка с постоянной времени T, приблизительно равной 7,5 минут (методика определения коэффициентов передаточной функции приведена в [7]). Коэффициент передачи можно определить как отношение приращения температуры до установившегося значения $62{,}4–18{,}4=44^0$ к мощности установленной ламы накаливания 40 Вт: $k=44/40=1{,}1^0$С/Вт. Тогда передаточная функция по управляющему воздействию имеет вид:

$$W_p(s) = \frac{1{,}1}{7{,}5s + 1}$$

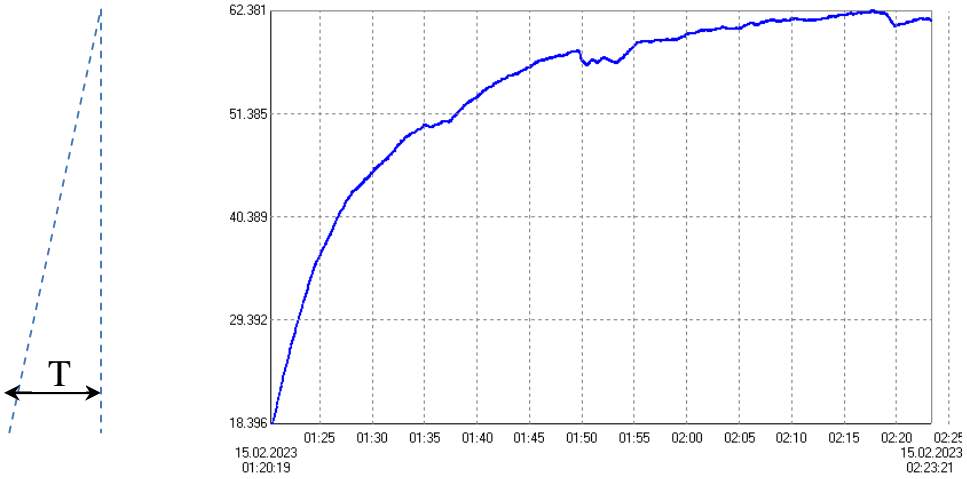


Рисунок 5 – Переходная характеристика объекта регулирования с постоянно включенным исполнительным элементом

Передаточная функция по возмущающему воздействию также представляет собой апериодическое звено первого порядка с коэффициентом передачи 1 и постоянной времени 7,5 мин. Постоянная времени используемого датчика температуры $T_д$ равна 0,3 мин, поэтому ее также можно представить апериодическим звеном первого порядка. Для цифрового регулятора, у которого уставка задается в тех же единицах измерения, что и управляемая величина, коэффициент передачи датчика равен 1. Структурная схема двухпозиционной автоматической системы регулирования показана на рисунке 6, а ее реализация в среде динамического моделирования технических систем SimInTech – на рисунке 7, а. Результат моделирования работы двухпозиционного регулятора с уставкой 30 ^{0}C и дифференциалом 1^0 в SimInTech показан на рисунке 7, б.

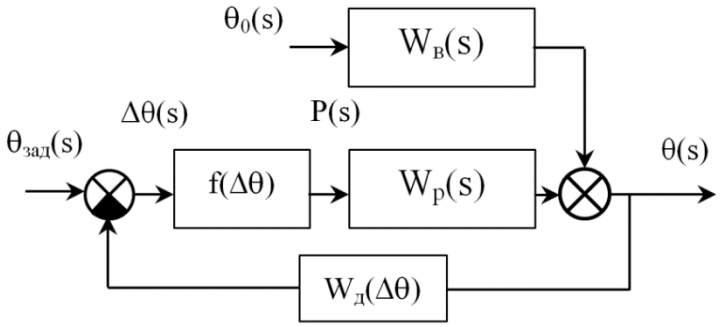
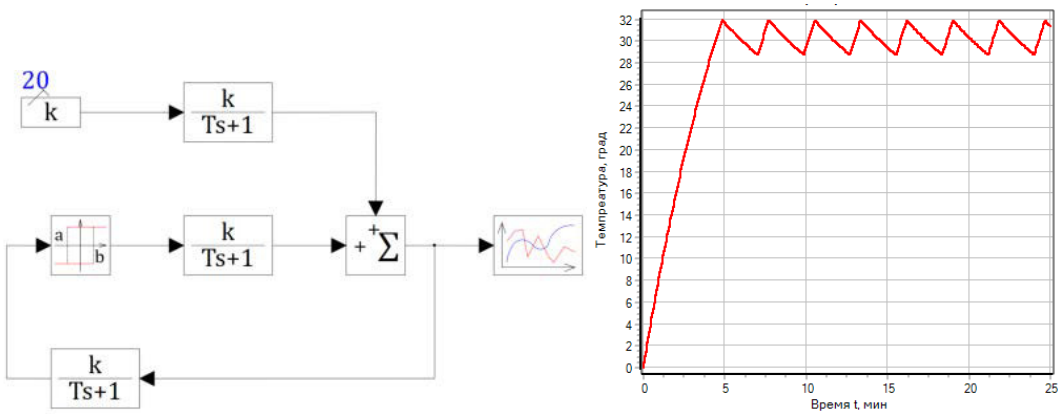


Рисунок 6 – Структурная схема автоматической системы регулирования



а) б)

Рисунок 7 – Машинная структурная схема автоматической системы регулирования (а) и расчетная переходная характеристика (б)

Заключение. Так как подготовка студентов среднего специального и высшего образования по инженерным направлениям должна сочетать получение систематизированных теоретических сведений с наглядностью физических и вычислительных экспериментов, разработанная нами лабораторная установка позволяет изучать процесс двухпозиционного регулирования в разных режимах и при разных параметрах элементов, демонстрируя современные технологии промышленной автоматизации, включая работу двухпозиционных микропроцессорных регуляторов, их конфигурирование, технические и программные средства передачи данных и их отображение на мониторе оператора с архивацией измеренных значений. Также при помощи программы моделирования динамических систем SimInTech может производится исследование

регуляторов, в том числе в режимах, не доступных на физической модели.

Список использованных источников:

1. Лебедев К.Н., Карташов Б.А. Автоматика: практикум. – Зерноград; Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2019. – 103 с.
2. Лебедев К.Н. Автоматика: лабораторный практикум. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. 117 с.
3. Двухпозиционные регуляторы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://automation-system.ru/main/15-regulyator/type-of-control/24-75-dvuxpoziczionnye-regulyatory.html (дата обращения – 02.03.2023)
4. Среда динамического моделирования SimInTech. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://simintech.ru/ (дата обращения – 02.03.2023)
5. Карташов Б.А., Шабаев Е.А., Козлов О.С., Щекатуров А.М. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech: Практикум по моделированию систем автоматического регулирования. – М.: ДМК Пресс, 2017. -424 с.
6. ТРМ202 двухканальный регулятор с универсальным входом и RS-485. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://owen.ru/product/trm202 (дата обращения – 02.03.2023)
7. Лебедев К.Н. Автоматизация управления технологическими процессами: учебное пособие. – Зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 154 с

Лебедев Константин Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика»,
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Российская Федерация. E-mail: slonbs@mail.ru
Лебедев Павел Константинович, студент факультета среднего профессионального образования по направлению 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»,
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Российская Федерация.

AUTOMATED STAND FOR LABORATORY WORK ON THE STUDY OF ON-OFF CONTROLLER

K. N. Lebedev, P. K. Lebedev

Azov-Black Sea Engineering Institute, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Donskoy State Agrarian University, Zernograd

Abstract. The basic information about automatic control, in particular the model laws of regulation, is studied by students of almost every technical direction of secondary special and higher education.. As part of the study of the theory of automatic regulation, the laboratory installation that includes a bruder model, a on-off controller OWEN TRM-202, a personal computer with installed software and an AC-3 interface adapter has been used. During the laboratory work, the controller is configured and data is recorded on the change of the controlled value over time in

various operating modes and/or with different parameters of the elements, which allows to clearly demonstrate the features of two-position regulation and modern industrial automation technologies. Also, with the help of the Russian software package SimInTech structural modeling of two-position regulators is performed based on experimentally determined transfer functions of elements. Thus, the laboratory setup allows not only to demonstrate the operation of two-position regulators and adjust them to the specified quality indicators, but also to study the properties of regulators in modes that are not available on the physical model.

Keywords. Automated stand, laboratory work, physical experiment, two-position control, dynamic simulation.

Lebedev Konstantin Nikolayevich, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Mathematics and Bioinformatics»,
Azov-Black Sea Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russian Federation. E-mail: slonbs@mail.ru.
Lebedev Pavel Konstantinovich, student of the faculty of secondary vocational education of the profession line 35.02.08 "Electrification and automation of agriculture",
Azov-Black Sea Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russian Federation.

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@yandex.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 Ростехнодзора 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
инженер – метролог: Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)
тел: 89208014190, E-mail: maksimka-borodin@yandex.ru
инженер – метролог: Семенов Александр Евгеньевич
тел: 89536130445, E-mail: semenow.ae@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

Отдел сельскохозяйственного консультирования и развития сельских территорий ВНИИ социального развития села ФГБОУ ВО Орловский ГАУ принимает заявки на оказание консультационных услуг по следующим направлениям:

- в области агробизнеса и экологии;
- в области биотехнологий и ветеринарной медицины;
- в области экономики;
- в сфере социального и экономического развития сельских территорий;
- в области агротехники и энергообеспечения;
- в сфере строительства, эксплуатации и управления недвижимостью, ландшафтного дизайна;
- в сфере охраны труда и пожарной безопасности и др.

Более подробная информация об оказываемых услугах размещена на странице отдела по адресу:
http://www.orelsau.ru/science/institute-of-social-development-of-the-village/

Телефон: 8 (4862) 43-30-81
E-mail: vniisrs.orelsau@mail.ru

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с ФГБОУ ВО Орловским ГАУ организуют проведение постоянного научно-практического семинара «Энергообеспечение АПК»

Формат проведения: видеосвязь.
Периодичность: по мере поступления заявок на проведение, не реже 1 раза в 2 месяца.
Темы:
-всё, что связано с вопросами энергообеспечения АПК, электротехнологиями и электрооборудованием в АПК;

-вопросы цифровизации и роботизации в АПК и системах его энергообеспечения;

-современное сельскохозяйственное производство, проблемы и пути их решения, новые технологии;

-предварительное обсуждение кандидатских и докторских диссертаций;

-обсуждение совместных проектов, грантов;

- другие тематики.

Для участия, предложения тематики обсуждения:
написать письмо на электронную почту (в названии указать «семинар Энергообеспечение АПК»)
Почта: winaleksandr@gmail.com
Телефон: 89202879024 – Виноградов Александр Владимирович
При поступлении заявки на участие, адрес обратившегося вносится в рассылку и он уведомляется о теме и сроках проведения семинара.