

УДК 631.252: 658.531

UDC 631.252.:658.531

**ЭЛЕКТРОГЕЛИОВОДОНАГРЕВ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**ELECTRO SOLAR WATER HEATING FOR
AGRICULTURAL CONSUMERS**

Абеленцев Евгений Юрьевич
аспирант
*ГНУ Северо-Кавказский научно-исследовательский
институт механизации и электрификации
сельского хозяйства Россельхозакадемии
(ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии), Россия*

Abelentsev Evgeniy Yurevich
postgraduate student
*State Scientific Institution North-Caucasus Research
Institute of Mechanization and Electrification of
Agriculture (SSI NCRIMEA Russagroacademy), Rus-
sia*

Описана система электрогелиоводонагрева для сельскохозяйственных потребителей. Приведены результаты компьютерного моделирования в среде Программного комплекса «Моделирование в технических устройствах»

In the article, we have described an electro solar water heating system for agricultural consumers. The results of computer modeling in the “Modeling in technical devices” software package have been given

Ключевые слова: СИСТЕМА
ЭЛЕКТРОГЕЛИОВОДОНАГРЕВА,
ФАЗОПЕРЕХОДНОЕ ВЕЩЕСТВО,
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Keywords: ELECTRO SOLAR WATER HEATING
SYSTEM, PHASE TRANSMITTING SUBSTANCE,
MODELING OF HEATING PROCESSES

Солнечная энергия уверенно завоевывает устойчивые позиции в мировой энергетике. К преимуществам солнечной энергетике относится то, что солнечная энергия – это экологически чистый источник энергии, позволяющий использовать его в возрастающем масштабе без негативного влияния на окружающую среду. Солнечная энергия – это практически неисчерпаемый источник энергии, солнечная энергия доступна в каждой точке нашей планеты.

В настоящее время для целей теплоснабжения огромными темпами расходуются органические виды топлива. Однако в современном мире их использование связано с возникновением ряда проблем: постоянным ростом цен, зависимостью от поставок, высокими эксплуатационными затратами на оборудование, загрязнением окружающей среды.

Благодаря использованию современной гелиотехники с апреля по октябрь можно отказаться от потребления газа и электроэнергии для приготовления горячей воды, а в зимние месяцы сэкономить на энергоносителях.

Сотрудниками отдела электроэнергетики ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии разработана система электрогелиоводонагрева на базе серийно выпускаемых изделий для сельскохозяйственных потребителей (рис. 1).

Система электрогелиоводонагрева для сельскохозяйственных потребителей включает: электрические водонагреватели, электронные устройства, трубопроводы подачи холодной и горячей воды, водопроводные краны, насос, солнечный коллектор.

Одним из технических решений, направленных на предотвращение замерзания воды в солнечном коллекторе системы электрогелиоводонагрева при сильных морозах зимой и уменьшение энергозатрат на догрев воды для часов утреннего водоразбора, является оснащение солнечного коллектора устройством с фазопереходным веществом (парафином) [1].



Рисунок 1. Общий вид системы электрогелиоводонагрева для сельскохозяйственных потребителей

Парафин – это смесь твёрдых высокомолекулярных углеводородов предельного характера, нормального и изостроения, с незначительной примесью циклических углеводородов, получаемая главным образом из нефти. Парафин получают в основном (~ 90 %) из парафинистых нефтей (парафинистый дистиллят, фракция, кипящая при 300–500⁰С). Наиболее выгодны для переработки так называемые высокопарафинистые нефти с температурой застывания парафинистой фракции 21⁰С и выше и с содержанием парафина выше 2 %.

Выпускаемые промышленностью нефтяные парафины подразделяются на: технические высокоочищенные, марок А и Б, медицинский, технические очищенные, марок Г и Д и неочищенный (спичечный). Важнейшими характеристиками парафина являются: температура плавления – не ниже 50–54⁰С (спичечный – не ниже 42⁰С) и содержание масла – не более 0,6–2,3 % (спичечный – 5 %).

Результаты многочисленных опытов с нагревом трубок с парафином П-2 показали, что нагрев твердого парафина характеризуется установившейся температурой, соответствующей температуре плавления доминирующей фракции 45⁰С.

Установлено, что, начиная с температуры 21⁰С, происходят фазовые превращения различных фракций парафина. Теплоаккумулирующее устройство в виде трубки с парафином накапливает как внутреннюю энергию, так и энергию в виде энергии фазового перехода. Теоретическая зависимость энергии фазового перехода при температурах от 21⁰С до 45⁰С от температуры парафина $Q_{фп} = 0,00025203T^6 - 0,04630727T^5 + 3,52704682T^4 - 142,13092088T^3 + 3 \cdot 195,54069183T^2 - 37844,79054821T + 183357,02522004$ с высокой степенью достоверности описывает экспериментальную при температурах от 45⁰С до 65⁰С $Q_{фп} = 112,4T + 5633$ (рис. 2).

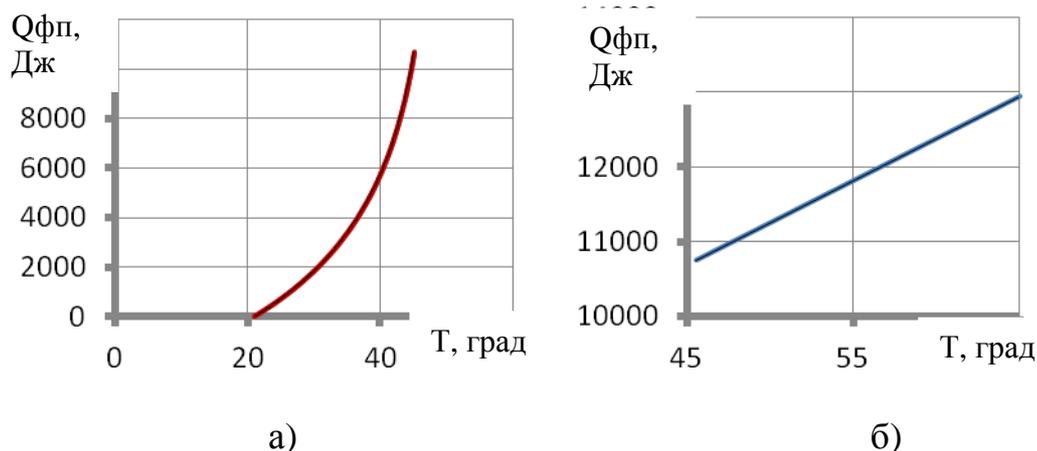


Рисунок 2. Энергия фазового перехода трубки с парафином при температурах от 21⁰С до 45⁰С (а) и от 45⁰С до 65⁰С (б)

Проверка адекватности моделирования процесса нагрева трубки с парафином выполнена корреляционным анализом. В качестве показателя измерения тесноты зависимости было принято теоретическое корреляционное отношение.

Теоретическое корреляционное отношение η представляет собой относительную величину, получающуюся в результате сравнения среднего квадратического отклонения выравненных значений результативного признака (температуры) δ , то есть рассчитанных по уравнению регрессии, со средним квадратическим отклонением эмпирических (фактических) значений результативности признака σ .

$$h^2 = \frac{d^2}{s^2}$$

Вычислим общую дисперсию:

$$s^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}$$

Общая дисперсия отражает суммарное влияние всех возможных факторов на общую вариацию температуры парафина в опытах.

Исчислим:

$$d^2 = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{n}.$$

Тогда

$$h = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}.$$

Изменение значения теоретического корреляционного отношения η объясняется влиянием факторного признака.

В основе расчета корреляционного отношения лежит правило сложения дисперсий

$$s^2 = d^2 + \overline{s_i^2}.$$

$\overline{s_i^2}$ – отражает вариацию y за счет всех остальных факторов, то есть является остаточной дисперсией:

$$\overline{s_i^2} = s_{ocm}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n}.$$

Тогда формула теоретического корреляционного отношения примет вид:

$$h = \sqrt{\frac{d^2}{s^2}} = \sqrt{\frac{s^2 - s_{ocm}^2}{s^2}} = \sqrt{1 - \frac{s_{ocm}^2}{s^2}}, \quad (1)$$

или

$$h = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}. \quad (2)$$

Подкоренное выражение корреляционного отношения представляет собой коэффициент детерминации (меры определенности, причинности).

Коэффициент детерминации показывает долю вариации результативного признака под влиянием вариации признака-фактора.

При криволинейных связях теоретическое корреляционное отношение, исчисляемое по формулам (1) и (2), часто называют индексом корреляции R . Как видно из формул (1–2), корреляционное отношение может находиться в пределах от 0 до 1. Чем ближе корреляционное отношение к 1, тем связь между признаками теснее.

Для качественной оценки тесноты связи на основе показателя теоретического корреляционного отношения воспользуемся соотношениями Чэддока (см. табл.).

Таблица – Соотношения Чэддока

η	0,1–0,3	0,3–0,5	0,5–0,7	0,7–0,9	0,9–0,99
Сила связи	Слабая	Умеренная	Заметная	Тесная	Весьма тесная

Опыты характеризуются $\eta=0,995$, что свидетельствует о весьма тесной связи между теоретическими (моделированными) и экспериментальными данными.

В связи с этим с высокой степенью достоверности предоставляется возможность определить параметры и режимы всесезонного электрогелиоводонагревателя.

Полученные теоретические зависимости энергии фазового перехода позволили провести моделирование тепловых процессов электрогелиоводонагрева на базе применения фазопереходного материала в среде Программного комплекса «Моделирование в технических устройствах». Модель связывает такие параметры электрогелиоводонагрева, как площадь стеклопакета и материалы изготовления солнечного коллектора, емкость электроводонагревателя, параметры устройства антизамерзания, парамет-

ры устройства аккумулирования энергии, с такими режимами, как временем нагрева и охлаждения, температурой окружающей среды, световым режимом суток, температурой воды в баке, режимом включения насоса и нагревательных элементов.

Структурная схема моделирования тепловых процессов при нагреве и охлаждении всесезонного электрогелиоводонагревателя приведена на рисунке 3.

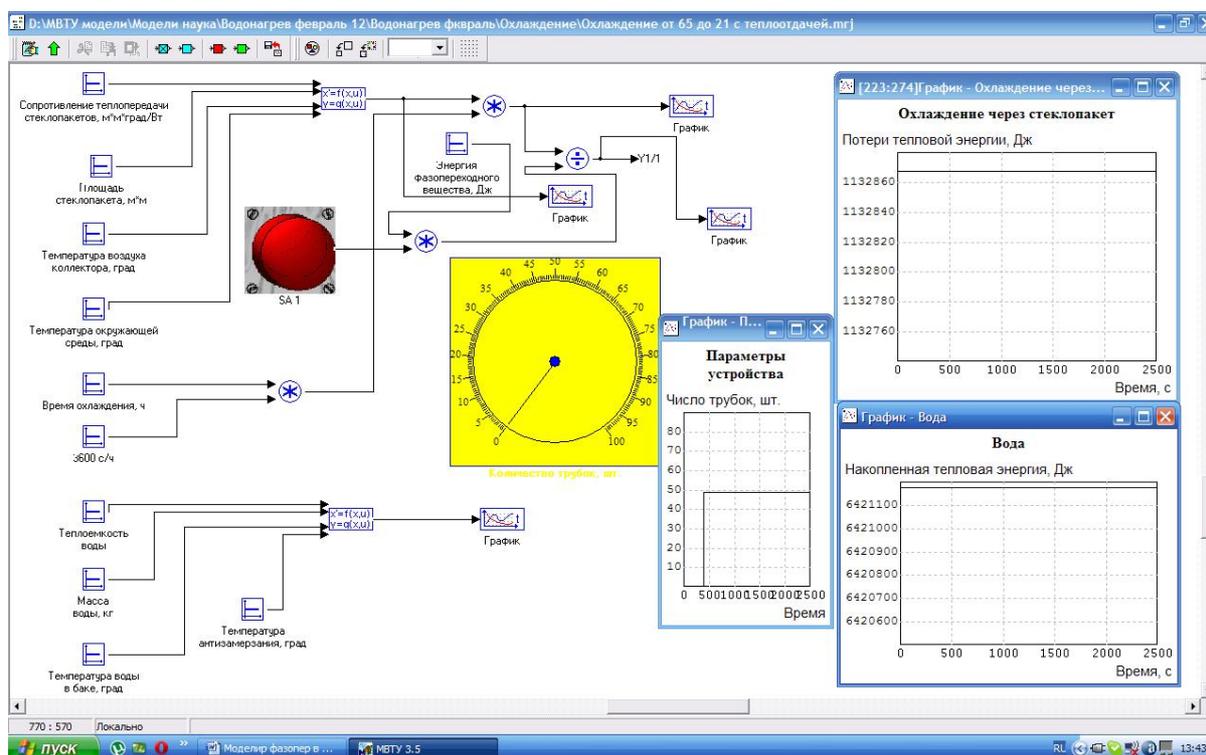


Рисунок 3. Структурная схема моделирования тепловых процессов при нагреве и охлаждении всесезонного электрогелиоводонагревателя на базе применения фазопереходного материала в среде Программного комплекса «Моделирование в технических устройствах»

Для температуры окружающей среды – 20°C моделирование тепловых процессов электрогелиоводонагрева на базе применения фазопереходного материала в среде Программного комплекса «Моделирование в технических устройствах» позволило определить такие параметры, как площадь стеклопакета солнечного коллектора – 1,2 м², стеклопакет с сопро-

тивлением теплопередаче – $1,43 \text{ м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$, емкость электроводонагревателя – 30л, температура включения циркуляционного насоса – 7°C , температура включения ТЭНов – 5°C , температура отключения ТЭНов – 15°C . Для 100 % экономии запасенной в дневное время тепловой энергии требуется: 50 трубок с парафином П-2, каждая трубка с парафином при температуре окружающей среды -20°C экономит 2 % тепловой энергии, а также такие режимы, как время нагрева воды в баке до 55°C – 30 минут, время охлаждения трубок с парафином П-2 при температуре окружающей среды от 20°C до 5°C – 16 часов при естественном снижении температуры воды в баке от 55°C , согласно техническим условиям для термоизолированного бака. Режим работы циркуляционного насоса от датчиков температуры коллектора и во времени: отключение в 16 часов, включение в 8 часов при продолжительности темного времени суток 16 часов. Режим включения нагревательных элементов – от датчиков температуры и во времени: отключение в 16 часов, включение в 8 часов при продолжительности темного времени суток 16 часов.

Разработана электрическая схема, эффективно реализующая требования режима водоразбора сельскохозяйственных потребителей и функцию антизамерзания (рис. 4).

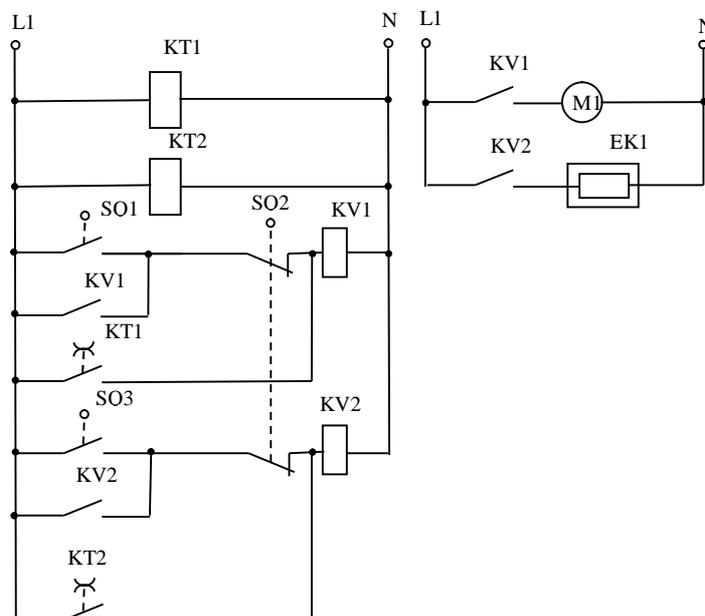


Рисунок 4. Электрическая схема соединений

Электрическая схема работает следующим образом. Включение и отключение нагревательных элементов ЕК1 электроводонагревателя производится с помощью программного реле КТ2 в зависимости от графика водоразбора сельскохозяйственного потребителя. Включение нагревательных элементов производится за 40 минут до начала водоразбора.

Включение циркуляционного насоса М1 производится с помощью программного реле КТ1 по режиму – 10 минут работа и 10 минут пауза в светлое время суток, в ночное время насос отключается. Функция антизамерзания реализуется следующим образом. При снижении температуры в коллекторе до 7°С замыкается контакт датчика температуры SQ1, напряжение подается на катушку реле напряжения KV1, которое своим замыкающим контактом подает напряжение на двигатель циркуляционного насоса М1. При снижении температуры в коллекторе до 5°С замыкается кон-

такт датчика температуры SQ2, напряжение подается на катушку реле напряжения KV2, которое своим замыкающим контактом подает напряжение на нагревательный элемент EK1. При повышении температуры свыше 15°C размыкается контакт реле датчика температуры SQ3, обесточиваются катушки KV1 и KV2, отключаются циркуляционный насос и нагревательные элементы. Схема опять готова к реализации функции антизамерзания.

Список литературы

1. Газалов В.С. Всесезонный электрогелиоводонагреватель для сельскохозяйственных потребителей / В.С. Газалов, Е.Ю. Абеленцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства (г. Москва, 2011). – М., 2011. – № 8. С. 28–29.

References

1. Gazalov V.S. Four seasons electric solar water heater for agricultural-based consumer / V.S. Gazalov, E.Y. Abelentsev // Mechanization and electrification of agriculture (d. Moscow, 2011). - M., 2011. - # 8. PP. 28-29.