

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ**

---

---

**Кафедра механизации животноводства  
и электрификации сельскохозяйственного производства**

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

**Для студентов специальностей**

**1-74 06 01 – техническое обеспечение процессов  
сельскохозяйственного производства,**

**1-74 06 06 – материально-техническое обеспечение АПК  
и 1-74 06 04 – техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ**

**Горки 2002**

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства  
15.11.2001 г.

Составили И.А. ГАЙШУН, И. В. ДУБЕНЬ.

УДК 631.171 : 636 (072)

**Исследование работы элементного водонагревателя: Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. И.А. Г а й ш у н, И. В. Д у б е н ь. Горки, 2002. 12 с.**

Изложен порядок выполнения лабораторной работы при изучении дисциплины «Электрооборудование и средства автоматизации сельскохозяйственной техники». Приведена форма отчета, методика обработки опытных данных и основные сведения об элементных водонагревателях.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – материально-техническое обеспечение АПК и 1-74 06 04 – техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

Таблиц 2. Рисунков 2. Библиогр. 4.  
Рецензент А.И. БЕЛОВ.

©Составление. И.А. Гайшун, И.В. Дубень, 2002

©Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002

## 1. ЦЕЛЬ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Целью работы является изучение устройства, принципа действия, правил монтажа и эксплуатации элементных водонагревателей, схем автоматического управления процессом нагрева воды, экспериментальное определение его энергетических параметров. При выполнении лабораторной работы необходимо:

1. Ознакомиться с основными техническими данными оборудования и измерительных приборов, имеющихся на рабочем месте;
2. Изучить устройство, принцип действия, правила выбора, монтажа и эксплуатации элементных водонагревателей;
3. Изучить принципы автоматического управления процессом воды в элементном водонагревателе;
4. Собрать электрическую схему лабораторной установки и произвести измерения при различной температуре воды;
5. Рассчитать энергетические параметры водонагревателя и его производительность. Построить графическую зависимость температуры воды от времени нагрева.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом изучения и исследования является однофазный емкостной элементный водонагреватель, состоящий из металлического корпуса, трубчатого электронагревателя (ТЭНа) и клемм на контактных стержнях для присоединения к сети. Его основные параметры: емкость  $V = 0,012 \text{ м}^3$ , мощность ТЭНа – 2000 Вт.

Средствами исследования служат: вольтметр PV типа Э59 электромагнитной системы с пределами измерения 150 и 300 В; амперметр РА типа Э59 с номинальным током 5 и 10 А; жидкостный объемный термометр с пределами 0...100 °С; часы наручные любого типа.

### 3. ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОЧЕГО ЗАДАНИЯ

Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе [1, гл. 3, с. 25...70], [2, гл. VIII, с. 150...175], [3, гл. 1, 2, 3, с. 5...84], [4, с. 111...116].

### 4. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Записать основные технические данные элементного водонагревателя и измерительных приборов.
2. Начертить принципиальную электрическую схему лабораторной установки (рис. 1) и табл. 1 результатов опытов.

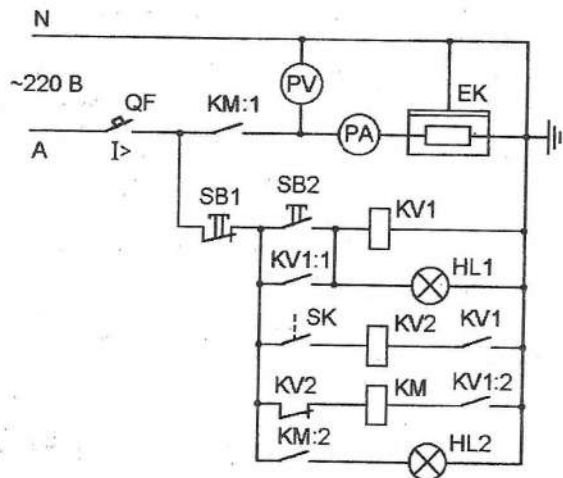


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки.

3. Собрать цепь в соответствии со схемой (рис. 1) с помощью проводников и подсоединить её к силовому настенному щитку с напряжением 220 В. После разрешения преподавателя включить установку в сеть и снять показания измерительных приборов. Данные измерений (напряжение  $U_c$  по вольтметру PV, ток  $I$  по амперметру PA при температуре воды  $\Theta = 20...80$  °С с интервалом 20 °С, время нагрева  $t$  при каждом значении температуры) занести в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Результаты опытов по определению основных параметров нагрева воды в элементном водонагревателе

Показатели	$\Theta$ , °С	20	40	60	80
	$U_c$ , В				
	$I$ , А				
	$P$ , Вт				
	$t$ , мин				

4. По опытным данным определить мощность  $P$ , подводимую к водонагревателю, его производительность  $q$ , к.п.д.  $\eta$  и удельный расход электроэнергии  $A_{уд}$ .

6. По полученным данным построить графическую зависимость температуры воды от времени нагрева  $\Theta = f(t)$ .

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОЧЕГО ЗАДАНИЯ И ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в надежности соединения монтажных проводников.
2. При работе с электроустановкой необходимо соблюдать правила техники безопасности и эксплуатации электроустановок потребителей.
3. При измерениях следить за показаниями приборов и не перегружать их.
4. По результатам опытов рассчитать значения следующих величин: – мощность, подводимую к водонагревателю

$$P = U \cdot I,$$

где  $U$  – напряжение сети, В;

$I$  – ток в цепи нагревателя, А;

– производительность водонагревателя

$$q = V \cdot 60 / t, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $V$  – объем нагреваемой воды,  $\text{м}^3$ ;

$t$  – общее время нагрева, мин;

– к.п.д. водонагревателя

$$\eta = \frac{m \cdot c \cdot (\Theta_{\text{кон}} - \Theta_{\text{нач}})}{60 P \cdot t},$$

где  $m$  – масса нагреваемой воды, кг;

$c$  – теплоемкость воды ( $c = 4186$  Дж / кг · °С);

$\Theta_{\text{нач}}$  и  $\Theta_{\text{кон}}$  – соответственно начальная и конечная температура нагреваемой воды, °С;

– удельный расход электроэнергии

$$A_{\text{уд}} = \frac{P}{1000 \cdot q}, \text{ кВт/м}^3.$$

5. При построении графика зависимости температуры нагреваемой воды от времени её нагрева  $\Theta = f(t)$  по оси абсцисс откладывается значение времени нагрева  $t$ , а по оси ординат – температура воды  $\Theta$ .

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните устройство и принцип действия аккумуляционного (емкостного) элементного водонагревателя.

2. В чем заключаются особенности эксплуатации элементных водонагревателей?

3. Каковы основные правила техники безопасности при эксплуатации элементных водонагревателей?

3. Поясните работу рассматриваемых электрических схем автоматического управления нагревом воды.

4. Как регулируется мощность элементного водонагревателя и температура воды в нем?

5. Как рассчитать мощность водонагревателя по заданным технологическим условиям?

## 7. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

По способу нагрева электрические водонагреватели подразделяют на элементные (косвенного нагрева), электродные (прямого нагрева) и индукционные. По принципу действия различают проточные (прямоточные, быстрodeйствующие) и непроточные (аккумуляционные или емкостные) водонагреватели.

Проточные водонагреватели позволяют получать горячую воду сразу же после включения, однако имеют сравнительно высокую установленную мощность при низком коэффициенте ее использования. Дополнительно необходим понижающий трансформатор, пропускная способность электросети должна быть достаточно высокой для их включения в часы максимума нагрузки.

Емкостные нагреватели способны запастись (аккумулировать) горячую воду, имеют меньшую установленную мощность на единицу полезного объема, могут включаться в часы «провалов» суточных графиков нагрузки подстанций и сетей, обеспечивая при этом высокие экономические показатели нагрева воды.

Индукционные водонагреватели представляют собой трехфазный понижающий трансформатор, вторичные обмотки которого выполнены из стальной трубы и электрически замкнуты между собой (вторичный ток трансформатора нагревает трубку, заполненную текущей в ней водой).

Элементные водонагреватели оснащаются герметичными резистивными нагревателями (ТЭНами), поэтому более безопасны в эксплуатации по сравнению с электродными. Они не загрязняют воду, имеют практически неизменную мощность, однако менее надежны из-за ограниченного срока службы нагревателей, имеют более высокую стоимость. По сравнению с электродными водонагревателями они имеют невысокую мощность и используются для горячего водоснабжения сравнительно мелких разбросанных потребителей, а также в тех случаях, где особенно важны требования к электробезопасности.

Элементный аккумуляционный водонагреватель состоит из цилиндрического бака с теплоизоляцией и металлического кожуха. В баке установлены трубчатые электронагреватели (ТЭНы), терморегулятор и термометр. Для забора воды из водонагревателя открывают вентиль на входном патрубке. При этом вода из водопровода поступает в нижнюю часть бака и вытесняет из верхней части водонагревателя теплую воду. Пускорегулирующая аппаратура размещается в шкафу управления.

В сельском хозяйстве используются элементные емкостные водонагреватели типов УАП, ВЭТ, САОС, ЭВА, а также проточные типов САЗС, ВНС, ВЭП, ЭВ-Ф-15, ЭВПЗ-15 (табл. 2).

Выбор электрических водонагревателей производят по массе расходуемой воды  $m$ , подаче  $q_{\text{макс}}$ , начальной  $\Theta_{\text{нач}}$  и конечной  $\Theta_{\text{кон}}$  температуре воды. Эти параметры определяют потребную мощность водонагревателя:

– аккумуляционного

$$P = \frac{k_3 m c (\Theta_{\text{кон}} - \Theta_{\text{нач}})}{3600 t \eta},$$

– проточного

$$\eta = \frac{m c (\Theta_{\text{кон}} - \Theta_{\text{нач}})}{60 P t},$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса ( $k_3 = 1,1 \dots 1,2$ );

$m$  – масса нагреваемой воды, кг;

$c$  – теплоемкость воды ( $c = 4186 \text{ Дж / кг} \cdot \text{°C}$ );

$t$  – время нагрева, ч;

$\eta$  – к.п.д. водонагревателя.

Регулирование мощности водонагревателей осуществляется путем временного отключения, а также за счет последовательно-параллельного соединения нагревателей в установках небольшой мощности. Регулирование и поддержание температуры воды в системе осуществляется с помощью терморегулятора.

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки приведена на рис. 1. При нажатии на кнопку SB2 «Пуск» напряжение сети подается на катушку промежуточного реле KV1, которое своим нормально разомкнутым контактом KV1:1 шунтирует кнопку SB2, при этом загорается сигнальная лампа контроля напряжения HL1. Другим нормально разомкнутым контактом KV1:2 замыкается цепь питания промежуточного реле KV2 и катушки магнитного пускателя KM. Магнитный пускатель KM срабатывает и своими силовыми контактами KM:1 подключает нагревательный элемент к сети, а блок-контакт магнитного пускателя KM:2 включает сигнальную лампу контроля нагрева воды HL2. При достижении верхнего уровня температуры воды замыкаются контакты термосигнализатора SK. При этом срабатывает промежуточное реле KV2, которое своим нормально замкнутым контактом обесточивает катушку магнитного пускателя KM, в результате лампа HL2 гаснет и нагреватель отключается от сети.

Простейшие схемы автоматического управления трехфазным водонагревателем для поддержания заданного уровня температуры воды приведены на рис. 2.

Т а б л и ц а 2. Основные технические характеристики элементных водонагревателей

Тип	Емкость резервуара, л	Мощность, кВт	Максимальная температура нагрева, °C	Время нагрева, ч	Масса, кг
УАП-200/0,9-И2	200	6	90	4,0	150
УАП-400/0,9-М1	400	12	90	3,3	180
УАП-800/0,9-М1	800	18	90	4,5	310
УАП-1600/0,9-И1	1600	30	90	6,0	500
ВЭТ-200	200	6	90	3,5	150
ВЭТ-400	400	10,5	90	3,8	200
ВЭТ-800	800	16,5	90	4,7	350
ВЭТ-1600	1600	31,5	90	5,0	720
САОС-400/90-И1	400	12	90	3,5	128
САОС-800/90-И1	800	18	90	6,0	196
САОС-1600/90-И1	1600	30	90	6,0	314
ЭВ-150М	150	6,5	80	–	70
ЭВА-450	450	15	85	3,5	110
ЭВАД-50/1,6	50	1,6	40	–	23
ЭВАД-80/1,6	80	1,6	40	–	30
ЭВАО-10/1,6	10	1,6	40...85	0,5	9
САЗС-400/0,9-И1	400	12	95	3,3	195
ВНС-120/0,9	100	3,5	95	–	–
ВНС-120/0,2	350	3,5	20	–	–
ВЭП-210	210	15	65	1	25
ВЭП-600	600	10,5	22; 80	1	125
ЭВ-Ф-15	14	15	75	–	30
ЭВПЗ-15	–	15	35...80	–	15

В схеме (рис. 2, а) напряжение сети подается при нажатии на кнопку SB2. При этом срабатывает промежуточное реле KV, которое своими нормально разомкнутыми контактами KV:1 шунтирует кнопку SB2 и включает сигнальную лампу контроля напряжения HL1. Через контакты термосигнализатора SK другим нормально разомкнутым контактом промежуточного реле KV:2 подается напряжение на катушку магнитного пускателя KM, который силовыми контактами KM:1 включает нагревательный элемент EK, а блок-контактом KM:2 – сигнальную лампу HL2. При достижении температуры заданного уровня контакты термо-

сигнализатора SK размыкаются, катушка магнитного пускателя KM обесточивается, лампа HL2 гаснет и нагревательные элементы EK отключаются от сети.

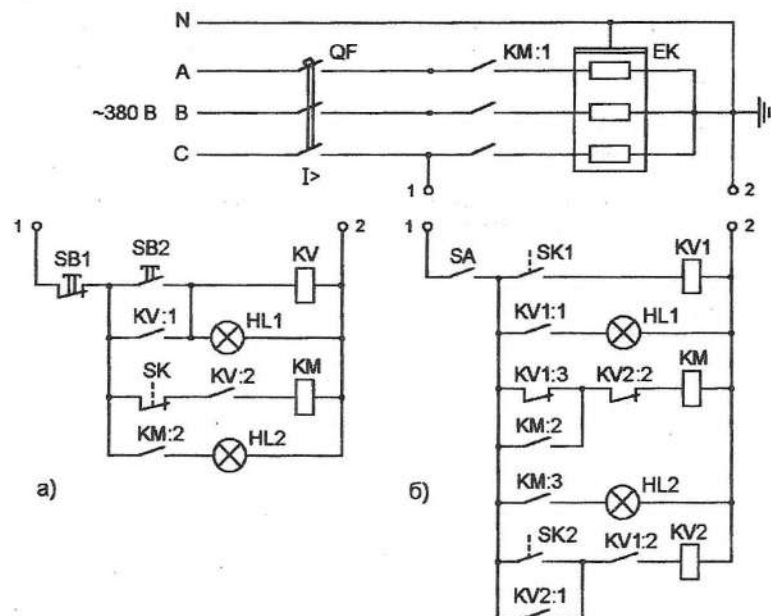


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления трехфазным водонагревателем для поддержания температуры воды: а) на одном уровне; б) в интервале между нижним и верхним уровнями.

По схеме (рис. 2, б) включение водонагревателя осуществляется выключателем SA в цепи управления. При этом запитывается катушка промежуточного реле KV1, а через нормально замкнутые контакты промежуточного реле KV2:2 – катушка магнитного пускателя KM. Срабатывает магнитный пускатель KM и нагревательные элементы EK подключаются к сети через линейные контакты KM:1, начинается нагрев воды. При достижении нижнего уровня температуры воды замыкаются контакты SK1 термосигнализатора, срабатывает промежуточное реле KV1, которое своим нормально разомкнутым контактом KV1:1 шунтирует контакт SK1 и включает сигнальную лампу HL1 нижнего уровня температуры, вода продолжает нагреваться. При достижении верхнего уровня температуры замыкаются контакты SK2 термосигнали-

затора, срабатывает промежуточное реле KV2, нормально разомкнутый контакт KV2:1 которого включает сигнальную лампу HL2 верхнего уровня температуры, а нормально замкнутый контакт KV2:2 обесточивает катушку магнитного пускателя KM. В результате нагревательные элементы отключаются от сети.

Перед вводом водонагревателя в эксплуатацию необходимо:

- убедиться в правильности соединения нагревателей, плотности контактных соединений и надежности заземления;
- проверить мегомметром сопротивление изоляции электрических нагревателей, которое должно быть не менее 10 МОм, а сопротивление изоляции токоотводов от корпуса водонагревателя – не менее 220 кОм. Если сопротивление изоляции электронагревателей снизилось, их необходимо тщательно просушить до тех пор, пока сопротивление изоляции не войдет в норму и залить компаундом узлы соединений трубок с изоляторами выводов. При просушке температура поверхности нагревателей не должна превышать 150 °С;
- проверить электропитание щита управления, убедившись в его работоспособности.

Основные правила эксплуатации и техники безопасности при обслуживании элементных водонагревателей заключаются в следующем:

- корпус водонагревателя должен быть заземлен. В сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью корпус присоединяют к нулевому проводу сети (зануление);
- при отсутствии устройств для выравнивания потенциалов и защитно-отключающих устройств по току утечки водонагреватель необходимо присоединять к водопроводной сети через изоляционную вставку длиной не менее 1 м;
- эксплуатация нагревателя в неисправном состоянии, а также при отсутствии защитных и предохранительных устройств запрещается;
- запрещается включать не заполненный водой водонагреватель в сеть, так как в этом случае из-за уменьшения теплоотдачи ТЭНы могут перегореть.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Басов А.М. и др. Электротехнология. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехнология. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
3. Расстригин В.Н. и др. Электронагревательные приборы в сельскохозяйственном производстве. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
4. Гайдук В.И., Шмигель В.И. Практикум по электротехнологии. – М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и порядок выполнения работы .....	3
2. Объект и средства исследования .....	3
3. Программа подготовки к выполнению рабочего задания .....	4
4. Рабочее задание .....	4
5. Методические указания по выполнению рабочего задания и обработке результатов эксперимента .....	5
6. Контрольные вопросы .....	6
7. Основные положения по исследованию работы элементного водонагревателя .....	6
Литература .....	11