

## *Список литературы*

1. Беляева, М. А. Влияние ИК и СВЧ-нагрева на жиры говяжьего мяса / М. А. Беляева // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2004 №5. – С. 36 – 37.
2. Бенгтсон, Н. СВЧ – нагрев в пищевой промышленности / Н. Бенгтсон, Т. Олссон // М. – Вестник ТИИЭР, – 1974. – С. 52 – 66.
3. Голубева, И. В. Энтеробактерии: Учебное пособие / И. В. Голубева, В. А. Килессо, В. С. Киселева; Под редакцией В. И. Покровского. – М.: Медицина, 1985. – С. 320.
4. Игнатов, В. В. Влияние электромагнитных полей сверхвысококачастотного диапазона на бактериальную клетку: Учебное пособие для вузов / В. В. Игнатов, А. П. Панасенко, Ю. П. Радин, Б. А. Шендеров; Под ред. В. В. Игнатова. – Саратов.: Издательство СГУ, 1978. – С. 80.
5. Кожаева, Д. К. Обеззараживание мяса птицы сверхвысококачастотной энергией / Д. К. Кожаева // Вестник ветеринарии. – 1998 № 9(3). – С. 42 – 44.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СТЕНДЕ ТИЭПВ -1 ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ВОДЫ НА БАЗЕ ТЭН**

*Н. В. Оболенский, д.т.н., профессор кафедры  
«Механика»;*

*В. Л. Осокин, доцент кафедры «Механика»,  
ГОУ ВПО Нижегородский государственный инженерно-  
экономический институт*

**Аннотация.** Увеличены компактность размещения испытуемого и испытательного оборудования, а также эффективность выявления наиболее рациональных с точки зрения энергопотребления подогревателей воды,

используемых в технологических процессах сельскохозяйственных производств, путем обеспечения их исследований в идентичных условиях, благодаря чему сокращена продолжительность, повышена достоверность результатов и сокращены материальные затраты на проведение исследований.

Разработанный стенд смонтирован в лаборатории НГИЭИ. Схема стенда запатентована как полезная модель.

**Ключевые слова:** элемент, электрод, оборудование, стенд.

## **THE DEVELOPMENT OF THE STAND TO IDENTIFY ENERGY-EFFICIENT ELECTRIC DESIGNS OF WATER HEATERS**

**Annotation.** The compactness of the placement test and test equipment is increased, and also the effectiveness of identifying the most efficient in terms of power structures of water heaters used in technological agricultural production by providing energy studies under identical conditions, thus the duration of the research process is reduced, the reliability increased of their results is increased and material costs for conducting the tests are reduced.

The designed stand is mounted in a patented laboratory of Nizhegorodskiy state engineer-economic institute. The schema of the stand is patented as a useful model.

**Key words:** element, electrode, equipment, stand.

В работах [1 ... 3, 6, 7] теоретически обоснована целесообразность создания инструмента для выявления наиболее рациональных с точки зрения энергопотребления подогревателей воды, используемых в технологических

процессах сельскохозяйственных производств. Таким инструментом стал созданный нами стенд испытаний подогревателей воды, рис. 1, 2.

Сконструированный стенд изготовлен и смонтирован в лаборатории кафедры «Механика» Нижегородского государственного инженерно-экономического института (НГИЭИ). Аттестован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ФГУ «Нижегородский ЦСМ» (аттестат № 5147/1600 -10), а также защищен патентом [4]. Там же на стенде проведено экспериментальное исследование удельных энергозатрат для нагрева воды тэновым подогревателем (ЭПВ).



Рис.1. Стенд для испытаний электрических подогревателей воды

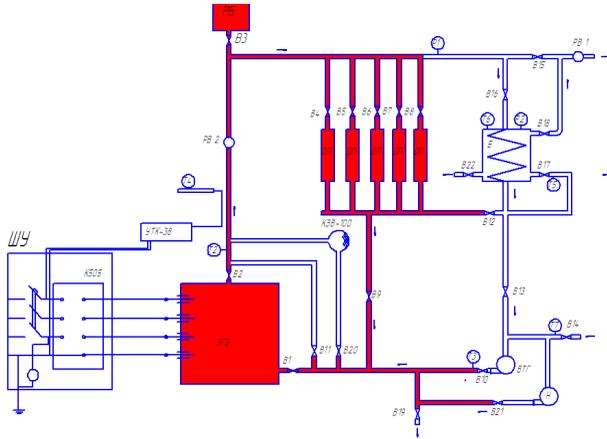


Рис.2. Схема стенда испытаний электрических конструкций подогревателей воды (задействован отопительный режим работы ЭПВ)

Экспериментальное исследование проводилось в четырёх режимах работы: отопительном (при естественной и принудительной циркуляции воды), проточном и бойлерном для трёх мощностей ЭПВ: 10800; 21020 и 31820 Вт.

На рис.2 показана схема отопительного режима работы ЭПВ при естественной (конвекционной) циркуляции воды в системе стенда.

Суть исследований заключалась в замерах: времени нагрева –  $\tau$ , ч; температуры воды на входе –  $t_{вх}$ , °С; температуры воды на выходе –  $t_{вых}$ , °С; расхода воды (зафиксированного расходомером P2) –  $G_{ф}$ , л; температуры поверхности отопительного прибора –  $t_{ом}$ , °С (только для режима отопления); напряжения сети –  $U$  В; тока в сети –  $I$  А; количества потреблённой электроэнергии (зафиксированной электросчетчиком) –  $W$ , кВт; уровня шума –  $L$ , дБ, а также в расчётах по результатам замеров параметров: температуры

нагрева воды  $\Delta t$  – разница между температурой воды на выходе из подогревателя и на входе в него в фиксированный момент времени,  $\Delta t_1$  – разница между температурой воды на выходе из подогревателя и на входе в него в начале испытаний, коэффициента тепловых потерь  $\Psi$ , отражающего потери теплоты на нагрев среды, окружающей элементы стенда:

$$\Delta t = t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}; \quad (1)$$

$$\Delta t_1 = t_{\text{вых}} - t_{\text{н}}; \quad (2)$$

$$\Psi = 3,6 (W \tau) : (G_{\phi} C_p \Delta t). \quad (3)$$

с последующим занесением полученных данных в таблицы для каждого режима работы и каждой потребляемой мощности ЭПВ, см., например, табл. 1 и обработкой этих данных в прикладной программе MathCAD 2001 Professional, в соответствии с которой рассчитываются математические ожидания измеряемых величин, их дисперсии и среднеквадратические отклонения. Используя критерий Стьюдента, определяются доверительные интервалы ожидаемых величин, замеряемых параметров и их нормальность распределения, выявляются грубые ошибки измерений, исключаемые из дальнейших расчетов.

Кроме того, при известности границ измеряемых аргументов методом двойных вычислений (способ границ) рассчитываются точные границы для искомого значения функции. Поскольку для выявления энергосберегающих электрических подогревателей воды и способов её нагрева не требуется высокой точности измерений исследуемых параметров, мы опустили вышеназванные математические действия.

Ошибки измерений обуславливаются, естественно, и средствами измерений.

В аттестате стенда, выданном Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ФГУ

Таблица 1

Экспериментальные данные исследуемых параметров  
в отопительном режиме работы ЭПВ при естественной  
конвекции и  $t_n = 7\text{ }^\circ\text{C}$

$\tau$ , ч	Потребляемая мощность ЭПВ: $P_T = 10800$ и $P_\Phi = 11550$ Вт								
	$t_{вх}$ , $^\circ\text{C}$	$t_{вых}$ , $^\circ\text{C}$	$\Delta t$ , $^\circ\text{C}$	$\Delta t_1$ , $^\circ\text{C}$	$t_{ом}$ , $^\circ\text{C}$	$G_\Phi$ , л	$W$ , Вт	$\psi$	$L$ , дБ
0,5	26	46	20	39	32	90	5775	0,71	
1,0	40	60	20	53	49	240	11550	0,78	
1,5	53	70	17	63	62	410	17325	0,87	
2,0	60	82	22	75	67	555	23100	0,95	
2,5	65	86	21	79	73	700	28875	1,12	
3,0	70	90	20	83	77	855	34650	1,26	
Среднее значение параметра				27, 7		285	11550		

«Нижегородский ЦСМ» отмечено:

«Стенд для сравнительных теплотехнических испытаний электрических подогревателей воды» тип ТИЭПВ – 1, инв. № 027 в составе: подогреватель проточный скоростной (ЭВП), подогреватель емкостной толстостенный (КЭВ – 100), емкостной тонкостенный вихревой теплогенератор (ВТГ) – для выявления наименее энергоемких конструкций, используемых в сельскохозяйственном производстве и в быту, соответствует требованиям программы и методики аттестации (ПМА), ТИЭПВ -1-2010 РЭ и НД».

Значения напряжения и тока в сети, потребляемая мощность и динамика роста температуры нагрева воды, а также теплоотдающей поверхности отопительных приборов фиксировались измерительным комплектом К 505, с относительной погрешностью  $\pm 0,7\%$ . Регистрация значений температуры на выходе и входе ЭВП осуществлялась восьмиканальным измерительным прибо-

ром УКТ –38 с термопреобразователями ТСМ –50М. Относительная погрешность прибора составляла  $\pm 0,5 \%$ , погрешность преобразующего элемента – термометра сопротивления составляла  $\pm 2 \%$ .

При точных измерениях параметров:  $t_{ex}$ ,  $t_{вых}$ ,  $t_{om}$ ,  $t_{\sigma}$ ,  $G_{\phi}$ ,  $W$ , их графические зависимости (рис.4) должны быть параллельными линиями, а зависимость  $\Delta t$  – прямой линией.

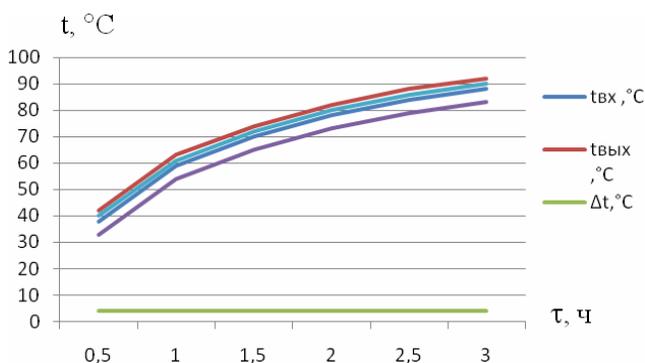


Рис. 4. Зависимость температур :  $t_{ex}$ ,  $t_{вых}$ ,  $t_{om}$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta t_1$  от времени работы ЭПВ в режиме отопления при принудительной конвекции и мощности 11550 Вт

Наличие пересечений графических зависимостей показывает на грубые ошибки измерений, искажающие расчетные величины параметров, а значит, обуславливает повторение замеров. Повторные замеры параметров в отопительном режиме работы ЭПВ при естественной конвекции  $U = 220 \text{ В}$ ,  $I = 20 \text{ А}$  и  $t_n = 14 ^\circ\text{C}$  позволили получить зависимости более близкие к действительным. Это, в свою очередь, дало возможность сделать объективные выводы по результатам проведенных исследований.

Удельный расход электроэнергии для нагрева 1 кг воды на  $1 ^\circ\text{C}$  определяли по уравнению, Вт/кг  $^\circ\text{C}$ ,

$$W_{y\partial} = W \cdot G_{\phi} \Delta t_1, \quad (4)$$

где  $W$  – количество электроэнергии, израсходованной в течение 1 ч;  $G_{\phi}$  – усреднённое фактическое количество воды, нагретой в течение 1 ч;  $\Delta t_1$  – усреднённая разница между температурой воды на выходе из подогревателя и на входе в него в начале испытаний.

Результаты расчета  $W_{y\partial}$  сведены в табл.2, по результатам которых построены зависимости (рис. 5).

Таблица 2

Результаты расчета  $W_{y\partial}$

Мощность ЭПВ, Вт	№ и режим работы ЭПВ	$W_{y\partial}$ , Вт/кг °С
11550	1.Отопление при естественной циркуляции	1,463
	2.Отопление при принудительной циркуляции	0,163
	3.Проточный	0,585
	4.Бойлерный	0,410
13200	1.Отопление при естественной циркуляции	1,017
	2.Отопление при принудительной циркуляции	0,142
	3.Проточный	0,593
	4.Бойлерный	0,368
24750	1.Отопление при естественной циркуляции	0,591
	2.Отопление при принудительной циркуляции	0,103
	3.Проточный	0,706
	4.Бойлерный	0,368

Как видно из рис.5 наименьший удельный расход электроэнергии  $W_{y\partial}$  происходит при работе ЭПВ в режиме

отопления с принудительной циркуляцией воды, а при работе ЭПВ в режиме отопления с естественной (чисто конвекционной) циркуляцией воды  $W_{уд}$  уменьшается с увеличением потребляемой мощности ЭПВ.

Технико-экономическая эффективность использования вновь созданного стенда заключается в том, что создан инструмент, позволивший при незначительных затратах (балансовая стоимость стенда составляет всего 117 тыс. руб.) уже провести исследования тэновой конструкции подогревателя воды при различных потребляемых мощностях и идентичных условиях в четырёх режимах работы и определить  $W_{уд}$  т.е. выявить наиболее эффективные потребляемые мощности и условия эксплуатации тэновых подогревателей.

Исследователями Красиковым С. Б., Борисовым С. А., Крайновым Ю. Е. и др. начаты аналогичные исследования вихревого теплогенератора, электродного и индукционного подогревателей.

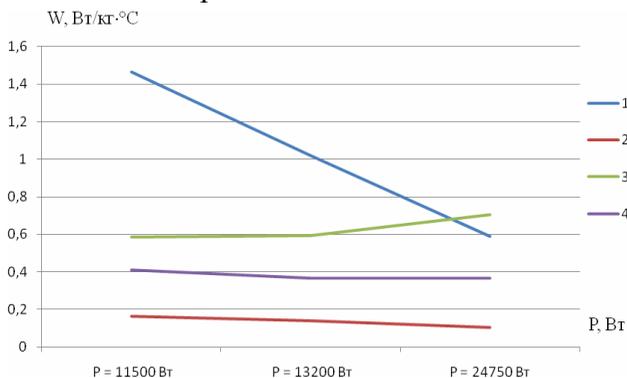


Рис. 5. Зависимости удельного расхода электроэнергии  $W_{уд}$  от режима работы ЭПВ и его потребляемых мощностей 11550, 13200, 24750 Вт:

1. Режим отопления при естественной циркуляции.
2. Режим отопления при принудительной циркуляции.
3. Проточный режим. 4. Бойлерный режим

Получив аналогичные результаты исследований других конструкций подогревателей воды, можно выявить наиболее энергосберегающие, что имеет большое значение для экономики сельскохозяйственных, как впрочем и других, предприятий.

Кроме того, использование вновь созданного стенда предусмотрено в учебном процессе обучения студентов по дисциплинам «Теплотехника» и «Гидравлика».

В результате выполненной научно-исследовательской работы решились следующие **научные задачи**.

1. Обоснована необходимость создания стенда для исследования электропотребления подогревателями воды и способов её нагрева по следующим причинам: пока стоимость горячей воды весьма высока, следует искать путь снижения энергозатрат для более эффективного и экономичного её нагрева с использованием уже существующих способов – конструкций подогревателей, для чего необходимо правильно выбрать подогреватель из многочисленных конструкций или изготовить его в условиях имеющихся мастерских. То и другое может быть осуществлено наиболее эффективно только на основании знания удельного энергопотребления для нагрева воды, которое возможно приобрести путём исследований различных по конструкции подогревателей на стенде, обеспечивающим идентичные условия испытаний.

2. Получена математическая модель теплообмена в элементном источнике теплоты (ТЭН); позволившая разработать методику инженерного расчета подогревателей воды использованную: при обработке результатов экспериментальных исследований; при создании ЭПВ для сертифицированного испытательного стенда, а также пригодную для использования при подборе или проектировании новых подогревателей воды.

3. Создан стенд исследований подогревателей воды

в четырёх режимах работы, обеспечивающий идентичность проведения испытаний. Патент на полезную модель № 101835 (заявка № 2010130289). Стенд для испытаний электрических конструкций подогревателей воды /Оболенский Н. В., Осокин В. Л. (РФ). – 4 с: ил.1//Полезные модели.– 2011. – № 3, а также аттестат №5147/1600-10).Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии ФГУ «Нижегородский ЦСМ»

4. Разработана методика проведения исследований подогревателей воды в четырёх режимах работы на вновь созданном стенде, изложенная в работе [5]. Суть методики испытаний – поочерёдное создание четырёх режимов работы посредством открывания и закрывания вентилей.

5. Проведены лабораторные исследования по изучению удельного электропотребления тэновым подогревателем воды в четырёх режимах работы, в результате которых подтверждено создание инструмента, позволяющего при незначительных затратах проводить испытания различных конструкций подогревателя воды в идентичных условиях в четырёх режимах работы и определить удельные потребляемые мощности для нагрева 1кг воды на 1 °С, т.е. выявить наиболее эффективные по энергопотреблению подогреватели воды.

#### *Список литературы*

1. Осокин, В. Л. Анализ электроподогревателей, используемых при нагреве воды в технологических процессах сельскохозяйственных производств / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин // Аграрная наука Евро – Северо – Востока, – 2010. – № 3 (18) – С.60 – 64.
2. Осокин, В. Л. Математическое моделирование теплообмена в электроподогревателях воды. /

Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин // Аграрная наука Евро – Северо – Востока, – 2010. – № 4 (19) – С.58 – 62.

3. Осокин, В. Л. Оптимизация энергопотребления при нагреве воды в технологических процессах пищевой промышленности / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин // «Актуальные вопросы пищевой промышленности: модернизация и интеграция» – Труды V Межвузовской научно-технической конференции. – Н.Новгород: Филиал ГОУ ВПО МГУТУ в г. Н.Новгород, 2010 – 06 – 08. С. – 22 – 28.

4. Осокин, В. Л. Патент на полезную модель № 101835 (заявка № 2010130289). Стенд для испытаний электрических конструкций подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин // (РФ). – 4 с: ил.1. // Полезные модели. – 2011. – № 3. С. – 38.

5. Осокин, В. Л. Практикум по теплотехнике. / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2010. – 236 с.

6. Осокин, В. Л. Теоретические исследования процесса нагрева в элементных электрических подогревателях воды (ЭВП). / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин // «Актуальные вопросы пищевой промышленности: модернизация и интеграция» – Труды V Межвузовской научно - технической конференции. – Н.Новгород: Филиал ГОУ ВПО МГУТУ в г. Н.Новгород, 2010 – 06 – 08. – С.105 – 117.

7. N. V. Obolenskij, V. L. Osokin. Mathematical modeling of heat exchangers for electric water heater. / «Probltny intensyfikcji produkcji zwierawy z uwzględnieniem poprawy struktury obszarowej gospodarstw rodzinnych. ochrony, srodowiska i standardow UE (14 – 15 wrzesnia 2010 r.)» – Materiały na konferencje, – Warszawa: Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentfch – S.185 – 191.