

Н. В. ОБОЛЕНСКИЙ, С. Б. КРАСИКОВ, Е. Б. МИРОНОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ЖИДКИХ СРЕД

Ключевые слова: *индукционный нагреватель жидких сред, стенд для испытаний, лабораторные исследования, средства измерения, удельного расхода электроэнергии.*

Аннотация. *Приводятся сведения о результатах лабораторных исследований удельного электропотребления индукционного нагревателя жидких сред с целью получения информации для сравнения.*

Целью исследований является выявление удельного электропотребления индукционного нагревателя жидких сред (ИНЖС) с целью подбора наиболее экономичного типа нагревателя для отопления учебных классов в ГБОУ СПО «Нижегородский техникум отраслевых технологий» (рис.1).



Рисунок 1– Нижегородский техникум отраслевых технологий

Для достижения поставленной цели разработана следующая программа:

- 1) приобрести и смонтировать ИНЖС в систему стенда испытаний электрических подогревателей воды;
- 2) разработать методику проведения исследований удельного расхода электроэнергии для нагрева 1 кг воды на 1°C , $\text{Вт} \cdot \text{ч}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;
- 3) определиться со средствами исследований;
- 4) исследовать удельный расход электроэнергии ($W_{\text{уд}}$);
- 5) получить информацию о степени влияния на удельные затраты электроэнергии:

В ГБОУ ВПО Нижегородский государственный инженерно-экономический институте разработан, изготовлен и установлен в лаборатории кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины» стенд для сравнительных теплотехнических испытаний электрических подогревателей воды (в дальнейшем тексте – стенд) рис. 2 [1].



Рисунок 2 – Стенд для сравнительных теплотехнических испытаний электрических подогревателей воды

Стенд защищен патентами на полезные модели № 101835 [2] и № 107360 [3] и аттестован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ФГУ «Нижегородский ЦСМ» (аттестат № 5147/1600-10).

В сентябре 2012 г. произведена плановая перееаттестация стенда. Документация в стадии утверждения.

Стенд содержит элементный подогреватель воды (ЭПВ), в котором установлены ТЭН преобразующие электрическую энергию в тепловую, теплогенератор (ВТГ), электродный (КЭВ-100) и индукционный (ВИН-10) подогреватели воды, предусмотренные конструкци-

онно-технологической схемой (рис. 3), расширительный бак (РБ), отопительные приборы (ОП), бойлер (Б) со змеевиком, насос (Н), термодатчики Т1...Т6, щит управления (ЩУ) с приборами замера расхода электроэнергии, рабочего напряжения, температуры нагрева воды, тока и потребляемой мощности ЭПВ, ВТГ, КЭВ-100, ВИН-10 и насосом, измеритель температуры (УКТ), расходомеры воды (РВ1) и (РВ2), манометры P1, P2 и вентили В1...В25.

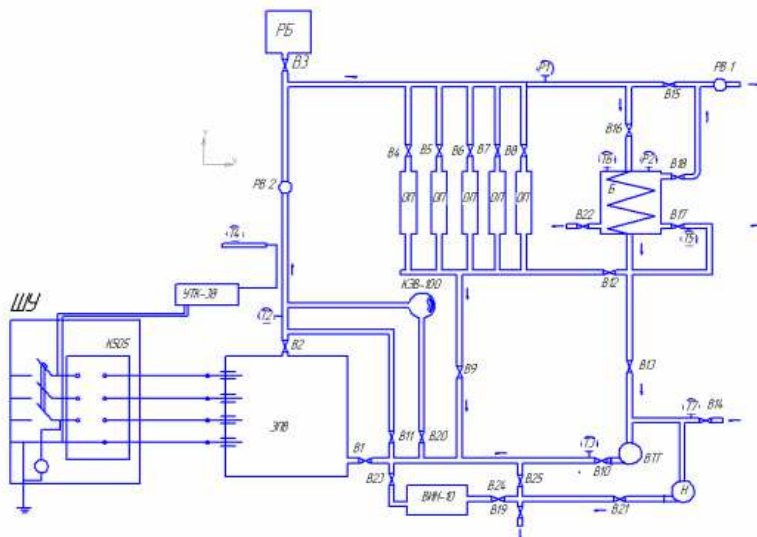


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема стенда



Рисунок 4 – Индукционный (слева) и электродный (справа) подогреватели воды, соответственно SAV-15 и КЭВ-100

Для проведения исследований вместо подогревателя (ВИН-10) приобретён и вмонтирован нагреватель (SAV-15), оснащённый щитом управления с элементами автоматического управления и контроля работы подогревателя.



Рисунок 5 – Щит управления с подогревателем SAV-15

Стенд оснащён средствами измерения, приведёнными в табл.1.

Таблица 1 – Перечень средств измерений стенда

Средства измерений используемые при аттестации: (наименование, зав. N, инв. N)	Класс точности или погрешность
Термометр (Т6), ТБ-063-1; (0-200) °С;	кл.т. 2,5
Термометр (Т2), ТБ-063-1; (0-120) °С;	кл.т. 2,5
Термометр (Т3), ТБ-063-1; (0-120) °С;	кл.т. 2,5
Термометр (Т4), ТБ-063-1; (0-120) °С;	кл.т. 2,5
Термометр (Т5), ТБ-063-1; (0-120) °С;	кл.т. 2,5
Термометр (Т1), ТБ-063-1; (0-120) °С;	кл.т. 2,5
Манометр МПИ-У; (0-16) кг/см ² ; ц.д. 0,2 кг/см ² ; зав. № 1227047, ГОСТ 2405;	кл.т. 1,5
Манометр МПИ-У; (0-16) кг/см ² ; ц.д. 0,2 кг/см ² ; зав. № 1347193 ГОСТ 2405;	
Манометр мод. 11202; (0-250) кг/см ² ; № 37059; ц.д. 1кг/см ²	кл.т. 0,4 ± 0,2 %
Эл.счетчик «Меркурий» 230 АМ-02, зав. № 03980634-10.	± 2 %
Расходомер ВСКМ10/32, зав. № 012571	
СИ используемые при аттестации:	
Секундомер ТУ 25-1819.0021-90 ;свид. № 9420\2200 до 28.10.2011	ц.д. 0,2 с кл.т. 1
Миллиамперметр Ц4311; зав. № 8518	

В исследованиях использован потенциал Центра энергоаудита с лабораторией энергетических обследований, организованного в НГИЭИ [4]. В частности: ультразвуковой расходомер Portaflow 330 (рис. 6), инфракрасный тепловизор Flir T335 (рис. 7), инфракрасный термометр Testo 845 (рис. 8).



Рисунок 6 – Ультразвуковой расходомер жидкости Portaflow 330



Рисунок 7 – Тепловизор инфракрасный Flir T335



Рисунок 8 – Инфракрасный термометр Testo 845

Приборы имеют вывод показаний на дисплей, стандартный цифровой выход для подключения к регистрирующим устройствам, компьютерам и другим внешним устройствам, а также автономное питание. Приборы сертифицированы Госстандартом РФ и прошли поверку в установленном порядке.

Посредством ультразвукового расходомера жидкости Portaflow 330 (рис. 5) измерялся расход воды, прокачиваемой через SAV-15.

Нагрев конструктивных элементов стенда и индукционного водонагревателя фиксировался (рис. 9 а, б) посредством тепловизора Flir T335 (рис. 6). Динамика роста температуры нагрева воды, а также теплоотдающей поверхности отопительных приборов фиксировались посредством инфракрасного термометра Testo 845 (рис. 9 в, г).



а



б



в



г

Рисунок 9 – Фиксация нагрева конструктивных элементов стенда и индукционного водонагревателя

Суть программы исследований – определение энергетических показателей путём включения SAV-15 в режим работы отопления при принудительной циркуляции воды (рис. 10).

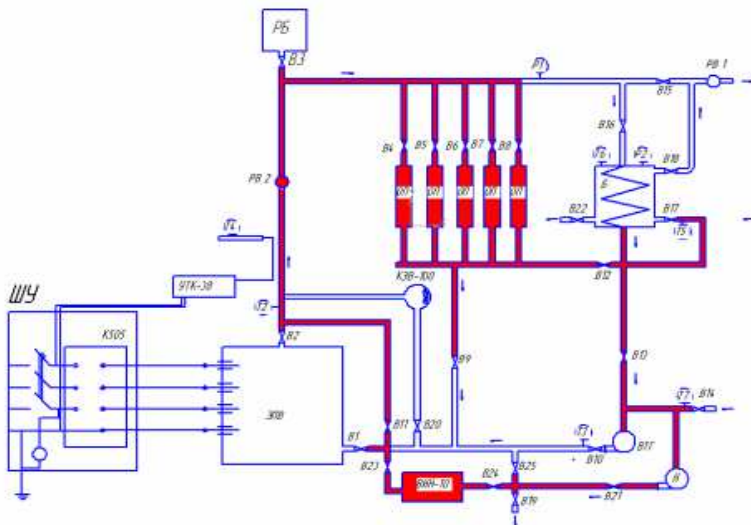


Рисунок 10 – Схема работы SAV-15 в режиме отопления

Система стенда заполняется 300-ми литрами воды, для чего открываются вентили B14, B21, B24, B23, B21, B4...B8, B12 и B13. Вода под напором в водопроводной сети или посредством насоса Н заполняет трубопроводы ИН, ОП и РБ. После этого ИН подключают под напряжение, который подогревает воду, а она под действием насоса начинает циркулировать по контуру SAV – ОП – Н – SAV. Тепловое расширение воды компенсируется посредством расширительного бака (РБ).

Суть методики исследований в проведении замеров потребляемой мощности с помощью ваттметра, а также с помощью амперметра и вольтметра; времени нагрева воздуха в помещении расположения стенда до заданной температуры с помощью секундомера; расхода электроэнергии на нагрев воздуха до заданной температуры с помощью электросчетчика, количества нагреваемой воды с помощью расходомера РВ2, установленного в системе стенда, и переносного ультразвукового расходомера жидкости Portaflow 330.

Суть экспериментов в режиме отопления сведена к:

1. Замерам времени нагрева – τ , ч (τ принимается равным 1 ч); температуры воды на входе в SAV-15 – t_{ex} , °C; расхода воды (зафикси-

рованного расходомером P2) – G_{ϕ} , кг; температуры поверхности отопительного прибора – t_{om} , или рабочей ёмкости стенда, °С; напряжения сети – U , В; тока в сети – I , А; количества потреблённой электроэнергии (зафиксированной электросчетчиком) – W , кВт;

2. Расчету по результатам замеров параметров: температуры нагрева воды в контуре стенда Δt – разница между температурой воды на входе в индукционный нагреватель при $\tau = 1$ ч (t_{κ}) и при $\tau = 0$ (t_n), °С; температуры нагрева воды в рабочей ёмкости или отопительных приборах (батареях) Δt_1 – разница между температурой поверхности рабочей ёмкости или отопительных приборов при $\tau = 1$ ч ($t_{\text{нк}}$) и при $\tau = 0$ ($t_{\text{ни}}$), °С; удельного расхода электроэнергии ($W_{\text{уд}}$) для нагрева 1 кг воды на 1 °С, Вт · ч/кг · °С:

$$\Delta t = t_{\kappa} - t_n; \quad (1)$$

$$\Delta t_1 = t_{\text{нк}} - t_{\text{ни}}; \quad (2)$$

$$W_{\text{уд}} = W / G_{\phi} \Delta t, \quad (3)$$

W – количество электроэнергии, потреблённой электродвигателями насосов в течение 1 ч, Вт · ч ; G_{ϕ} – фактическое количество воды, нагретой в течение 1 ч, кг.

3.Занесению результатов замеров и расчетов в табл. 2.

Таблица 2 – Экспериментальные данные параметров, замеренных при исследованиях SAV-15

Интервалы замеров, мин	Продолжительность работы 1 ч								
	$t_{\text{нач}}$, °С	$t_{\text{кон}}$, °С	Δt , °С	$t_{\text{пов.нач}}$, °С	$t_{\text{пов.кон}}$, °С	G_{ϕ} , кг	W , Вт·ч	$t_{\text{ок.ср}}$, °С	$W_{\text{уд}}$, Вт·ч/кг·°С
5	31,2	37,5	6,3	36,3	33,7	180	1500	17,6	1,323
10	41,6	47,7	6,1	46,6	44,4			17,8	1,366
15	51,2	57,1	5,9	56,0	53,8			18,2	1,412
20	59,2	64,9	5,7	63,5	61,6			18,8	1,462
25	66,8	72,3	5,5	71,1	69,2			19,4	1,515
30*	73,4	78,7	5,3	77,1	75,5			20,4	1,572

*В связи с тем, что во время эксперимента температура отопительных батарей приблизилась к предельной (80 °С), его время ограничилось 30 минутами.

4. Выявлению путём графического изображения зависимости температуры воды от времени её нагрева в контуре стенда;

5. Выявлению путём графического изображения зависимости температуры поверхности отопительных батарей от времени их нагрева;

6. Выявлению путём графического изображения зависимости удельного расхода электроэнергии W_{y0} (Вт·ч/кг·°C) от времени нагрева.

На рис. 11 и 12 представлены результаты фиксации нагрева конструктивных элементов стенда и SAV-15.

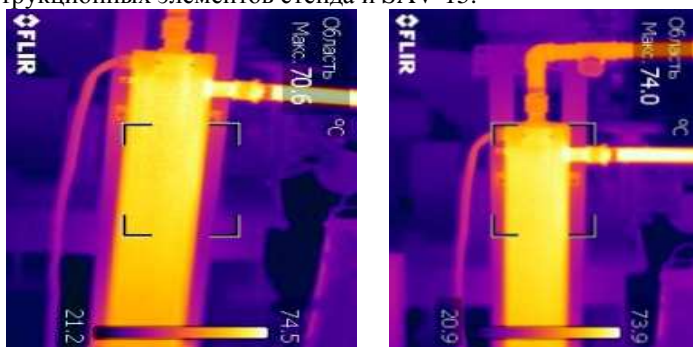
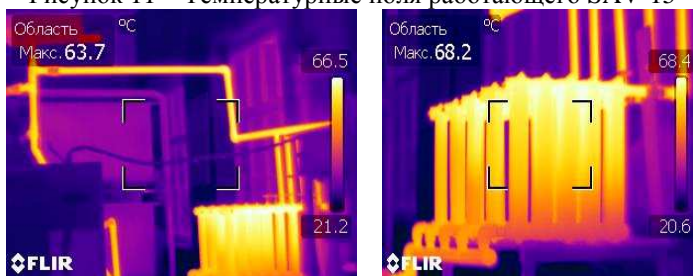


Рисунок 11 – Температурные поля работающего SAV-15



а

б



в

Рисунок 12 – Температурное поле:
а, б – отопительной батареи; *в* – бойлера

По экспериментальным данным в прикладной программе MathCAD 2001 построили графики (рис. 13) и получили уравнения, описывающие эти графики (нанесены на поле рис. 13), а также рассчитали $W_{y\theta}$ и построили графики зависимости удельного расхода электроэнергии $W_{y\theta}$ (Вт·ч/кг·°C) от времени и режима работы SAV-15 (рис. 14).

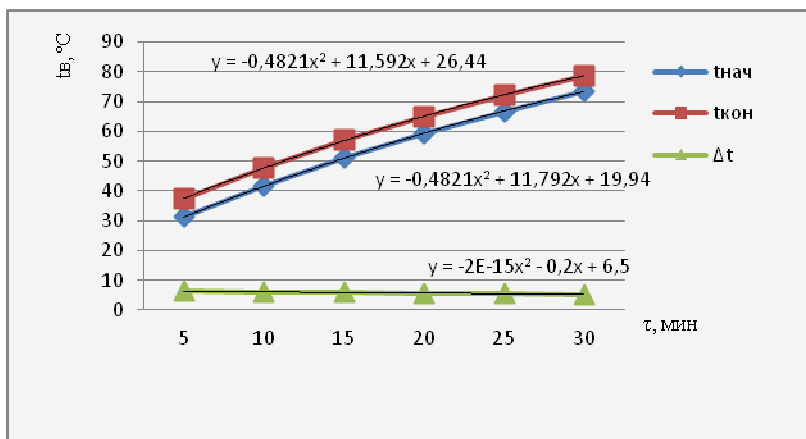


Рисунок 13 – Графики зависимости температуры нагрева воды в контуре стенда при работе ИНЖС в режиме отопления

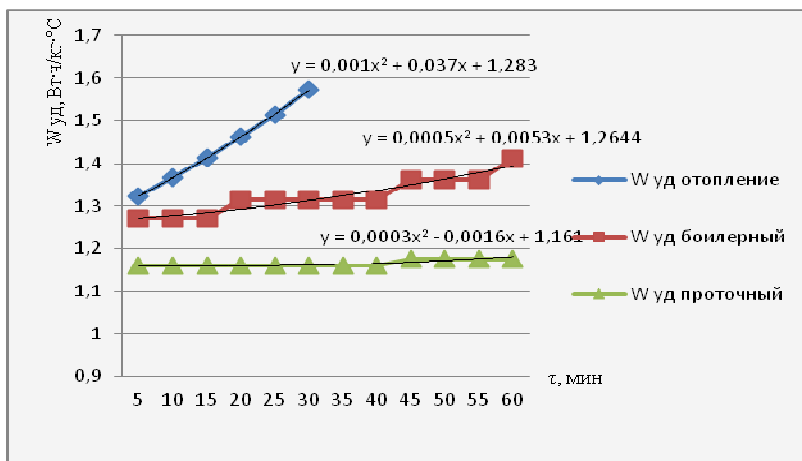


Рисунок 14 – Графики зависимости удельного расхода электроэнергии от времени и режима работы SAV-15

Применение энергосберегающих средств тепловой обработки жидких сред и, особенно, воды, адаптированных к использованию в технологических процессах сельскохозяйственных производств, является актуальной и важной научно-технической задачей.

Получены результаты исследования ИНЖС. Получив аналогичные результаты исследований других конструкций подогревателей воды (элементных ЭПВ, гидродинамических ВТГ и электродных КЭВ), будут выявлены наиболее энергосберегающие подогреватели. В дальнейшем будет произведён экономический анализ их применения в сельскохозяйственных и других предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осокин В.Л. Результаты экспериментально-теоретических исследований по разработке стенда испытаний подогревателей воды. Монография. – Княгинино: ГОУ ВПО НГИЭИ, 2011. 142 с.
2. Патент 101835 РФ, МПК G01N 19/00. Стенд для испытаний электрических конструкций подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин. – №2010130289/28; заявл. 19.07.2010; опублик. 27.01.2011, Бюл. №3.
3. Патент на полезную модель № 107360. Стенд для испытаний электрических подогревателей воды / Н. В. Оболенский, В. Л. Осокин, Ю. Е. Крайнов, С. А. Борисов, С. Б. Красиков (РФ). – 4 с: ил.1. Опублик. 20.08.2011. Бюл. № 22.
4. Шамин А. Е., Осокин В. Л. Центр энергоаудита в НГИЭИ // Вестник НГИЭИ. 2012. Серия технические науки. Выпуск 4 (11) – С. 4–12.

RESEARCH OF INDUCTION HEATER OF LIQUID MEDIA

Keywords: *induction heater of liquids, test stand, laboratory tests, means of measurement, specific energy consumption*

Annotation. *It provides information on the results of laboratory studies of the specific energy consumption of the induction heater of liquids media to obtain information to compare.*

ОБОЛЕНСКИЙ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ – доктор технических наук, профессор кафедры «Механики и сельскохозяйственных машин», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (obolenskinv@mail.ru).

OBOLENSKII NIKOLAI VASIL'EVICH – the doctor of technical sciences, the professor of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (obolenskinv@mail.ru).

КРАСИКОВ СЕРГЕЙ БОРИСОВИЧ – директор ГБОУ СПО «Нижегородский техникум отраслевых технологий», г. Нижний Новгород, Россия, (krasikov@mail.ru).

KRASIKOV SERGEY BORISOVICH – the director of the state budget educational institution of the secondary professional education “The Nizhniy Novgorod college of branch technologies”, Nizhniy Novgorod, Russia, (krasikov@mail.ru).

МИРОНОВ ЕВГЕНИЙ БОРИСОВИЧ – старший преподаватель кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (mironov-e@mail.ru).

MIRONOV EVGENII BORISOVICH – the senior teacher of the chair of technical service, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (mironov-e@mail.ru).
