

Тадеуш Литвин

Варшавский политехнический институт

Виталий С. Северянин

Брестский строительско-инженерный институт

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ

В ряде теплоустановок применение камер с пульсирующим сгоранием вместо обычных камер дает существенную пользу [1-4]. Однако в технической литературе относительно мало экспериментальных данных по эффективности работы тепловых установок

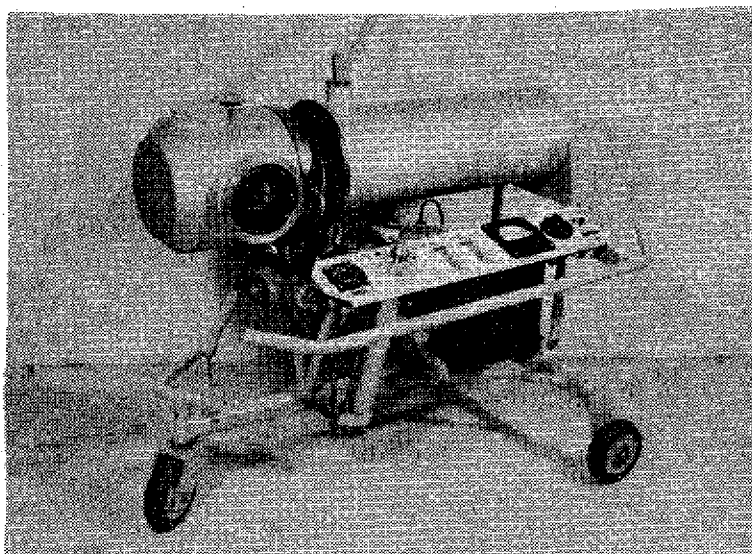


Рис.1. Фотография водоподогревателя

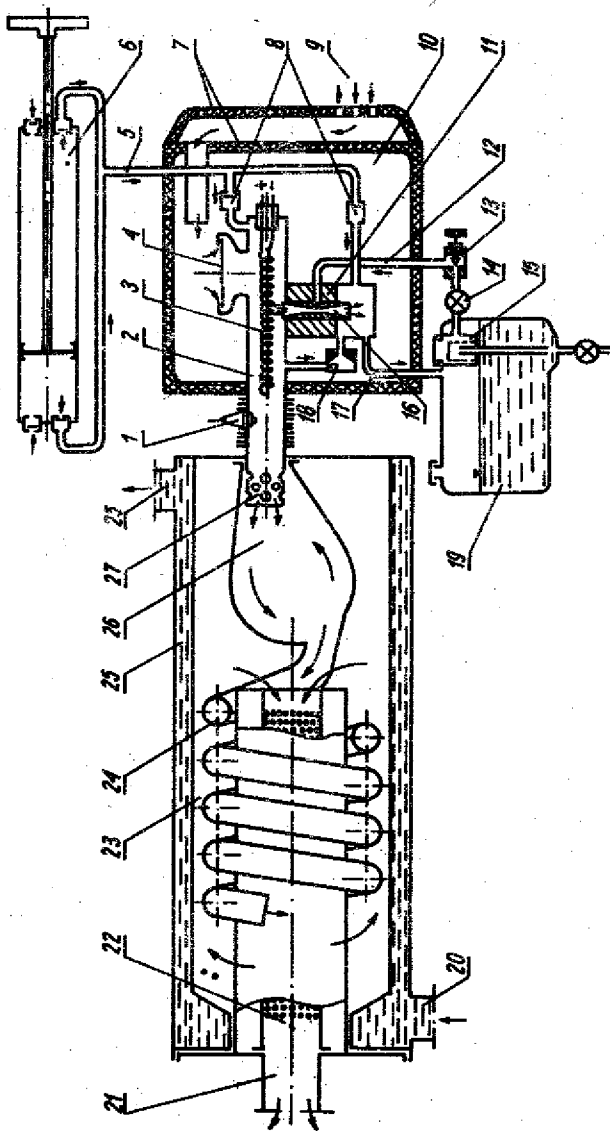


Рис. 2. Схема водоподогревателя: 1 - запальная свеча, 2 - входной патрубок горелки, 3 - пусковая электрогрелка, 4 - мембрана входного воздушного клапана, 5 - воздушный насос, 6 - пусковая система запуска, 7 - звуковая изоляция, 8 - возвратные клапаны воздушной системы запуска, 9 - вход воздуха в звукоглушитель входного устройства, 10 - главная камера глушителя входного устройства, 11 - карбюратор, 12 - топливный регулятор, 13 - топливный клапан, 14 - отсекающий топливник, 15 - топливный фильтр, 16 - расширитель карбюратора, 17 - воздушный насос, 18 - топливный бак, 19 - аэродинамический клапан надува, 20 - топливный бак, 21 - выход продуктов сгорания из нагревателя, 22 - доплатительный глушитель входного устройства, 23 - камера теплообменника, 24 - выходное сопло горелки, 25 - водяная рубашка теплообменника, 26 - мера сгорания горелки, 27 - турбулизатор, 28 - отвод горячей воды.

с пульсирующими камерами. Эта эффективность значительно зависит от самой конструкции установки и потому знание соответствующих параметров определенных на основе исследования уже осуществленных устройств кажется полезным. Цель настоящей работы - оценить основные тепловые и технико-экономические показатели работы водоподогревателя для выявления возможности его широкого использования.

Это общий вид показан на фотографии (рис.1). Водоподогреватель разработан в Варшавском политехническом институте [5]. Он состоит из камеры пульсирующего горения, теплообменника, тепловой системы и аппаратуры для запуска (рис2). В некоторой степени образцом для подогревателя были установки, разработанные Л. Хубером [1].

Ниже указаны некоторые данные водоподогревателя:

Вес с электрическим аккумулятором

и полным баком топлива (5 дм³ бензина):

Габариты: высота м, длина м

Частота пульсации камеры сгорания: ок. 100 Ц/сек

Тепловая мощность (брутто): 15-20 кВт (плавная регуляция)

Расход топлива: 1,6 - 2,2 дм³/час

Давление топлива (самодействующее питание): $(0,15-0,2) \cdot 10^5$ Па

Приемлемое давление воды в теплообменнике: 2 МПа.

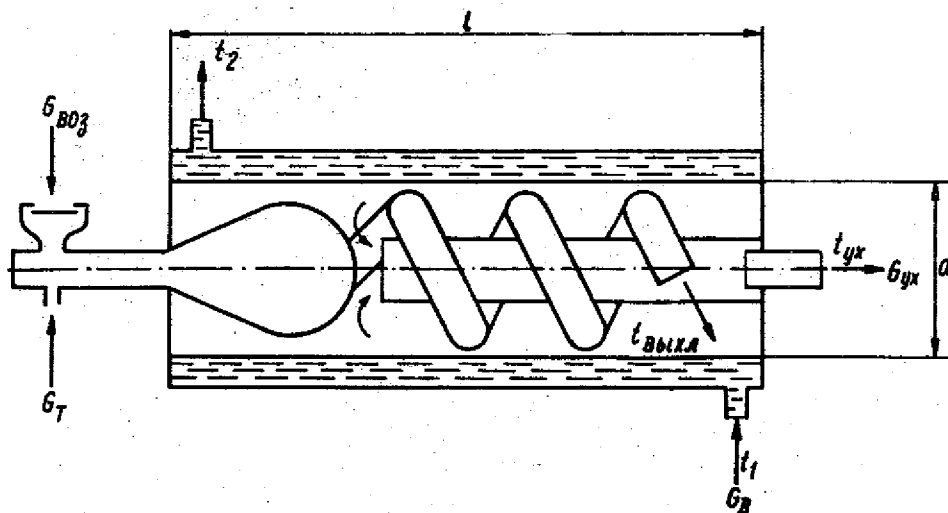


Рис.3. Схема измерений теплового баланса водоподогревателя

Схема измерений показана на рис.3. Расход топлива G_T (бензин) определяется по изменению уровня в топливном баке. Расход воды G_B определяется ротаметром, температура холодной воды t_1 и горячей воды t_2 , а также температура уходящих газов - ртутными термометрами.

Коэффициент полезного действия водоподогревателя вычисляется по прямому балансу:

$$\eta = \frac{Q_B}{Q_T},$$

Q_B - тепло, воспринятое водой, ккал/ч,

Q_T - тепло, выделенное сгоревшим топливом, ккал/ч,

$$Q_B = G_B c \cdot \delta t,$$

$$Q_T = G_T Q_{сг}$$

(c - удельная теплоемкость, $\delta t = t_2 - t_1$ - нагрев воды,

$Q_{сг}$ - теплотворная способность, 43100 кдж/кг).

Далее оценивается невязка при сведении баланса:

$$\varepsilon = \frac{Q'_{пот} - Q''_{пот}}{Q_T} 100\%,$$

$Q'_{пот}$ - потери, определенные по балансу:

$Q''_{пот}$ - потери, определенные как сумма:

$$Q''_{пот} = Q_{ух} + Q_{охл} + Q_{топ},$$

где отдельные потери вычисленные следующим образом:

- Потери с уходящими газами

$$Q_{ух} = G_{ух} c_{ух} (t_{ух} - t_{окр}),$$

$G_{ух}$ - выход газа: $G_{ух} = (\alpha \Gamma_{воз} + 1) G_T$,

$\Gamma_{воз}$ - стехиометрическое массовое отношение воздуха и топлива,

$c_{ух}$ - удельное теплоудержание,

$t_{ух}$ - температура газов,

α - коэффициент избытка газов.

- Потери с наружным охлаждением водоподогревателя

$$Q_{\text{охл}} = F' \Delta t' \alpha' \varphi$$

F' - поверхность охлаждения,

$\Delta t'$ - температурный напор: $\Delta t' = t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{охр}}$, ($t_{\text{охр}} = 287 \text{ K}$),

α' - коэффициент теплоотдачи,

φ - доля активно охлаждаемой поверхности, $\varphi = 0,3$.

- Топочные потери

$$Q_{\text{топ}} = \sum c' Q G_{\text{гyx}}$$

c' - концентрация горючих элементов в уходящих газах,

Q - их тепловая способность.

Коэффициент теплопередачи в теплообменнике определяется так:

$$k = \frac{Q_{\text{то}}}{\Delta t F}$$

Температурный напор:

$$\Delta t = t_{\text{газ}}^{\text{ср}} - t_{\text{в}}^{\text{ср}},$$

где: $t_{\text{газ}}^{\text{ср}} = \frac{1}{2} (t_{\text{выкл}} + t_{\text{гyx}})$,

$$t_{\text{в}}^{\text{ср}} = \frac{1}{2} (t_1 + t_2).$$

Температура газов на выходе камеры пульсирующего горения (на конце резонансной трубы) $t_{\text{выкл}}$ определена ранее, вне аппарата, и составила для тех режимов, в которых проведены опыты, 1300-1400 K. Поверхность теплообмена равна $F = \pi d l$ (рис.3). Здесь тепло при теплообмене $Q_{\text{то}} = Q_{\text{в}}$. Это суммарное тепло от конвекции (омывание стенок теплообменника горючими газами) и от радиации камеры сгорания и резонансной трубы.

Водоподогреватель испытывался на двух режимах по расходу топлива, регулируемого жиклером карбюратора. В таблице 1 показаны основные параметры работы водоподогревателя. В 13-15 мин. после включения I-го режима тепловые параметры устанавливались, после следующих 18 минут, во время которых выгорало 0,5 дм³ бензина, включался II-ой режим. Новое состояние теплового равновесия устанавливалось в 6 мин., причем время сгорания

Таблица 1

Параметр	I Режим						II Режим				
	0	7	9	11	13	16→33	35	37	39	41	
Время, мин.											
Темп. холодной воды, 1°C	12	12	11,5	11	10	10	9	8	8	8	8
Темп. горячей воды, 2°C	12	50	52	52	53	53	54	54	58	59	60
Темп. уходящих газов, $^{\circ}\text{C}$	-	310	340	370	386	387	407	413	420	428	428

0,5 дм³ топлива было 14,5 мин. Расход воды = 250 дм³/час был постоянный во время целого испытания.

В таблице 2 представлены результаты химического анализа уходящих газов (объемные %). Результаты обработки экспериментальных данных сведены в таблице 3.

Испытания водоподогревателя с пульсирующим горением показали следующее:

- коэффициент полезного действия для установок подобного типа достаточно высок;
- коэффициент теплопередачи в теплообменнике является умеренным, что позволяет работать металлу в приемлемых условиях;
- установка легко выходит на заданный рабочий режим;
- динамика параметров характеризует малую тепловую инерцию нагревателя, быстрый вход на постоянный тепловой режим;

Таблица 2

Результаты химического анализа

Режим	Компоненты				мг/м ³
	CO ₂	CO	CH ₄	C H	
I	9,15	0,0	-	следы	15
II	13,84	0,0	-	следы	26

Таблица 3

Результаты обработки экспериментальных данных

Режим	Расход топлива кг/час	Расход воды кг/час	Нагрев воды К	Температурный напор Δ К	Тепло воды кдж/час	Тепло от топлива кдж/час
I	1,3	250	43	662	45 000	56 000
II	1,61	250	52	680	54 500	70 000

Режим	Тепловые потери кдж/час					вязка %	коэффициент теплопередачи $\left[\frac{\text{кдж/час}}{\text{м}^2 \text{ К}} \right]$	$\eta = \frac{w}{T}$
	по балансу пот	вычисленные						
		ух	охл	топ (оценка)	пот (общие)			
I	11100	83000	11,7	600	8911	+3,9	0,086	0,805
II	15100	11600	13,4	840	12453	+3,8	0,101	0,780

- уровень шума возле работающего водоподогревателя в представленной версии равенется около 95 децибалов, простейшие звукоизоляционные мероприятия могут снизить эту величину до уровня, допустимого по санитарным условиям;
- уходящие газы по своему составу малотоксичные;
- водоподогреватель портативен, удобен в транспортировке и хранении, быстро готовится к работе, не требует высокой квалификации обслуживания, простой в изготовлении.

Водоподогреватель допускает дальнейшие улучшения основных показателей.

Пути усовершенствования аппарата:

- улучшение тепловой схемы теплообменника (использование противотока, прямое охлаждение водой камеры пульсирующего горения, оптимализация течения воды путем монтажа направляющих элементов, покрытия корпуса теплоизоляцией и т.д.);
- упрощение системы запуска (сокращение операции при растойке в остановке путем блокировки, упрощение электрических цепей, упрощение коммуникации по топливу и воздуху);
- автоматизация работы устройства.

ВЫВОДЫ

1. Водоподогреватель с пульсирующим горением (по сравнению с другими устройствами такого рода) имеет достаточно высокие технико-экономические характеристики. Но его показатели значительно выше чем установок из обычными камерами сгорания.

2. Весовые и габаритные показатели, надежность работы, отсутствие вредных выделений позволяют рекомендовать прибор к использованию не только в промышленности но и в бытовых условиях для горячего водоснабжения и воденного отопления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Huber L.: "Mit Schwingfeuer betriebene Heizanlagen für Nutzfahrzeuge" ATZ 66(1964) Heft 2.
- [2] Palmer H.B., Veer J.M.: Combustion Technology, Chap. VI, Acad. Press 1 New York 1974.
- [3] Северянин В.С.: "Пульсационное горение - высокофорсированный тепловой процесс". Сборник научных трудов, Международный выпуск № 3, Изд. МВССО СССР, Магнитогорск 1973.
- [4] Северянин В.С.: "О нагревателях с пульсирующим горением". Изв. ВУЗов. Энергетика (1974) № 5.
- [5] Litwin T., Frejer A.: "Prace rozwojowe w zakresie palników pulsacyjnych". Archiwum Termodynamiki i Spalania 6 (1975) Nr 3.

WYNIKI BADAŃ PULSACYJNEGO PODGRZEWACZA WODY

S t r e s z c z e n i e

Przeprowadzono badanie bilansu cieplnego oraz charakterystyk cieplnych i technicznych prototypu pulsacyjnego podgrzewacza wody, o nominalnej wydajności cieplnej 20 kW. Paliwem jest benzyna samochodowa niskooktanowa. Podgrzewacz opracowano w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej.

Wyniki obliczeń dotyczących bilansu cieplnego pokrywają się z dobrą dokładnością z wynikami pomiarów. Ogólna sprawność podgrzewacza wynosi 0,8; współczynnik wymiany ciepła - 0,1 kJ/m²sK; poziom hałasu - 95 dB.

Podgrzewacz charakteryzuje się łatwym rozruchem i małą bezwładnością cieplną oraz niskim ciężarem jednostkowym. Nieznaczne przeróbki pozwolą poprawić jego charakterystyki, a w szczególności zwiększyć sprawność ogólną i obniżyć poziom hałasu.

RESULTS OF TESTING OF PULSE-WATERHEATER

S u m m a r y

The waterheater with pulsating combustion chamber of 20 kW nominal thermal output has been worked out at the Technical University of Warsaw. The heat balance as well as thermal and technical characteristics of the prototype of the waterheater were tested. Results of heat balance calculation correspond with good accuracy with the results of testing. The waterheater works on gasoline. The overall efficiency of testing. The waterheater works on gasoline. The overall efficiency of the waterheater is 0.8; the coefficient of heat exchange - 0.1 kJ/m²sK; the noise level - 95 dB. The waterheater is characterized by easy starting, small thermal inertia and small specific weight. Slight modifications are needed to elevate the overall efficiency and to reduce the noise level.

Rękopis dostarczono 1 sierpnia 1979 r.