

Новосельцев В.Г.

## СИСТЕМА ПОДАЧИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В ГОРЕЛКЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ СО СЛОЕВЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ

В [1] описана конструкция водонагревателя, использующего процесс слоевого пульсирующего горения жидкого топлива, а также приведены полученные оптимальные геометрические размеры горелки.

Расход топлива в предложенной конструкции водонагревателя изменяется путем уменьшения либо увеличения зеркала горения. Для этого на трубочки горелки накладываются железные «блины» толщиной около 1/3 высоты трубочек горелки каждый с высверленными отверстиями, соответствующими местоположению трубочек горелки и диаметром, равным наружному диаметру трубочек горелки (при количестве железных «блинов» два – зеркало горения принимает три значения  $V_1, V_2, V_3$ , что соответствует 1, 1/2, 1/3 в долях от общей площади  $0,018\text{ м}^2$ ) (рис. 1).

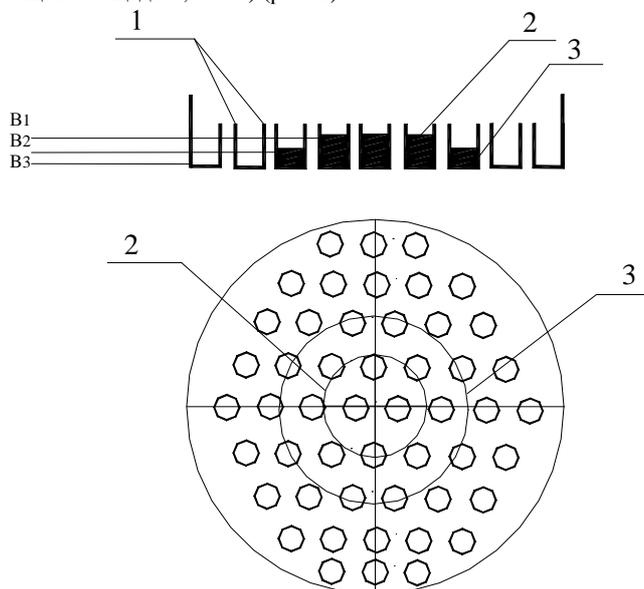


Рис. 1. Регулирование расхода топлива в горелке  
1 – трубочки горелки, 2, 3 – железные блины.

Для порционной подачи топлива д.т.н., профессором Северяниным и автором статьи предложен дозатор. Он состоит из расходной емкости, соединенной при помощи соединительного патрубка с клапаном. Внутри клапана находится поплавков, к которому закреплены на определенном расстоянии сверху ограничитель поступления топлива, снизу – ограничитель слива топлива. Внизу клапана находится выполненный из гибкого материала регулятор уровня с закрепленным на нем штоком. Регулятор уровня опущен в дозирующую емкость. Шток выведен наружу через стенку дозирующей емкости. Сбоку дозирующей емкости находится воздушный патрубок с краном. Снизу дозирующей емкости находится подающий трубопровод с краном, соединенный с емкостью для перелива и горелкой.

Схема подачи топлива в горелку при помощи дозатора показана на рис. 2.

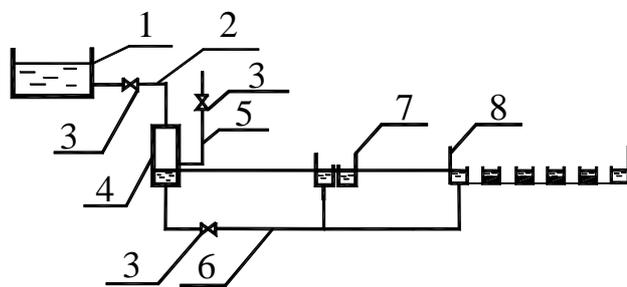


Рис. 2. Схема подачи топлива в горелку

1 – расходная емкость, 2 – соединительный патрубок, 3 – кран, 4 – дозатор, 5 – воздушный патрубок, 6 – подающий трубопровод, 7 – емкость для перелива, 8 – горелка.

Подача топлива осуществляется следующим образом. При открытии крана по соединительному патрубку из расходной емкости топливо поступает в клапан, при этом ограничитель слива топлива находится в положении “закрыто”. При достижении определенного уровня в клапане поплавков поднимается, и топливо поступает в дозирующую емкость. В дозирующей емкости и горелке устанавливается одинаковый уровень топлива по принципу сообщающихся сосудов. При заполнении клапана определенным количеством топлива поплавков поднимается и ограничитель поступления топлива становится в положение “закрыто”. При уменьшении уровня топлива в горелке (при горении) уровень топлива в дозирующей емкости уменьшается, и из клапана поступает некоторое количество топлива, при этом поплавков опускается, и ограничитель поступления топлива становится в положение “открыто”, часть жидкости поступает в клапан, после чего поплавков поднимается, и клапан поступления топлива становится в положение “закрыто”. Для исключения перелива жидкости из горелки служит емкость для перелива. Регулирование уровня топлива в горелке осуществляется регулятором уровня посредством изменения положения его нижнего конца от вертикального до наклонного при помощи штока. В зависимости от угла наклона нижнего конца регулятора в горелке устанавливается различная площадь поверхности топлива за счет того, что на дне горелки находится несколько железных «блинов».

Возможны и другие конструктивные варианты изменения расхода топлива.

Тепловую мощность водонагревателя ориентировочно можно оценить по формуле:

$$Q = k \cdot F_n \cdot (T - T_0), \text{ кВт} \quad (1)$$

где  $F_n$  – площадь поверхности нагрева,  $\text{ м}^2$

$T_0$  – температура воды в водяной рубашке, К.

$k$  – коэффициент теплопередачи от греющей среды к обогреваемой среде,  $\text{ кВт}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ К})$

Так как коэффициенты теплопроводности стенки и теплоотдачи от стенки к обогреваемой среде малы по сравнению с коэффициентом теплоотдачи от греющей среды к стенке, то ими можно пренебречь. Тогда коэффициент теплопередачи от

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., ст. преподаватель каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения  
Брестский государственный технический университет.  
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

греющей среды к обогреваемой среде равен коэффициенту теплоотдачи от греющей среды к стенке.

Коэффициент теплоотдачи от греющей среды к стенке находится по формуле:

$$\alpha = \frac{\lambda_c}{d_k} \cdot Nu, \quad (2)$$

где  $\lambda_c$  - коэффициент теплопроводности при средней температуре среды, определяемый для воздуха и дымовых газов по п. 3-03 [2], кВт/(м·К).

$d_k$  - диаметр цилиндрического корпуса, м

$Nu$  - число Нуссельта

Для режима пульсирующего горения число Нуссельта вычисляется по формуле [3]:

$$Nu = 0,7 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,4}, \quad (3)$$

где  $Pr$  - число Прандтля при средней температуре потока, определяемое для воздуха и дымовых газов по п. 3-08 [2].

$Re$  - число Рейнольдса:

$$Re = \frac{W_{cp} \cdot d_k}{\sigma}, \quad (4)$$

УДК 662.76

*Тимошук А.Л.*

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОНТАКТНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ СО СЛОЕВЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ГАЗА

Наиболее эффективным методом получения горячей воды на сегодняшний день является контактный нагрев воды [1]. Предлагается использовать слоевое пульсирующее горение (СПГ) для контактного нагрева воды. При этом процесс тепло- и массопередачи протекает интенсивнее за счет колебаний скорости газового потока и давления, возникающих при пульсирующем горении, как это показано в [2]. Целью разработки является создание нового теплотехнического оборудования - контактного водонагревателя по [3] - использующего разработки лаборатории «Пульсар» БГТУ: слоевое пульсирующее горение газообразных топлив, контактный нагрев воды при пульсирующем горении, а также узлы и детали оригинальной конструкции. Предполагаемые достоинства данной разработки:

- высокий КПД, характерный для контактных водонагревателей;
- низкий уровень выбросов вредных веществ при пульсирующем горении;
- простота конструкции и эксплуатации;
- малые габариты, металлоемкость и масса установки.

На основании проведенных исследований слоевого пульсирующего горения газа и контактного нагрева воды при СПГ газа были предложены несколько вариантов конструкции контактного водонагревателя со СПГ газа.

На рис. 1 показана конструкция контактного водонагревателя с СПГ газа и различные варианты исполнения основных узлов, где цифрами обозначены: 1 - жаровая труба - резонансный канал; 2 - коллектор холодной воды; 3 - кожух; 4 - газовая горелка; 5 - воздухопровод; 6 - поперечная перегородка; 7 - вентилятор; 8 - пластинчатый теплообменник; 9 - коллектор горячей воды; 10 - регулятор уровня холодной воды; 11 - ре-

гулятор уровня горячей воды (гидрозатвор, обратный клапан); 12 - регулятор расхода газа; 13 - звукопоглощающий материал; 14 - дымовая труба; 15 - гляделка; 16 - коническое кольцо; 17 - запальник; 18 - газопровод; 19 - регулятор расхода воздуха; 20 - устройство для подачи и регулирования расхода вторичного воздуха; 21 - регулятор положения поперечной перегородки; 22 - сборные желоба; 23 - каплеуловитель; 24 - регулятор расхода холодной воды; 25 - сетчатый каплеуловитель; 26 - газоотводящий патрубок; 27 - водяной коллектор.

Водонагреватель работает следующим образом: В нижнюю часть корпуса 1 через горелку 4 по топливопроводу 18 поступает газообразное топливо, которое, смешиваясь с воздухом над горелкой, образует горючую смесь. Образовавшаяся смесь воспламеняется запальником 17. После воспламенения смеси, необходимый для горения воздух поступает к горелке через воздухопровод 5 под действием вентилятора. Холодная вода подается через регулятор уровня 10 в коллектор 2 через отверстия в корпусе 1 и далее подводится к вертикальным пластинам теплообменника 8, стекая вниз по обим сторонам которых, нагревается проходящими между пластинами потоками горячих продуктов сгорания. Нагретая вода стекает в сборные желоба 22 и, далее, через зазор между ними и корпусом 1, по стенке корпуса 1 в коллектор горячей воды 9, где также нагревается, омывая горячую стенку нижней части корпуса 1. Нагретая вода отбирается через регулятор уровня горячей воды 11. Продукты сгорания, охлажденные при прохождении через теплообменник 8, удаляются через дымовую трубу 14. В корпусе 1 при наличии пламени у горелки устанавливается акустическая стоячая волна, так называемое пульсирующее горение. Это интенсифицирует процесс теплообмена на вертикальных пластинах за счет знакопеременной составляющей скорости потока продуктов сгорания.

где  $\sigma$  - коэффициент кинематической вязкости при средней температуре потока, определяемый для воздуха и дымовых газов по п. 3-03 [2]

$W_{cp}$  - среднерасходная скорость движения газа, м/с (формула 7-21 [2])

$d_k$  - то же, что в формуле (2)  
Задаваясь температурами из опыта эксплуатации экспериментальной установки и расходом топлива  $B = 2,5$  кг/час имеем:  $\lambda = 9,15 \cdot 10^{-2}$  кВт/(м·К),  $Pr = 0,59$ ,  $\sigma = 126 \cdot 10^{-6}$ . После подстановки численных значений в выражения (1)-(4) и математических преобразований получаем:  $Re = 5240$ ,  $Nu = 41$ ,  $\alpha = 24$  кВт/( $M^2 \cdot K$ ),  $Q = 24,6$  кВт.

Таким образом, тепловая мощность водонагревателя предложенной конструкции составляет 24,6 кВт.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новосельцев В.Г. Корректирующий водонагреватель со слоевым пульсирующим горением. Вестник БГТУ, № 2, 2004. - С. 46-48
2. Тепловой расчет котельных агрегатов/ Под ред. Кузнецова Н.В., Митора В.В., Дубовского И.Е., Карасиной Э.С. М.- Энергия, 1973. - 38 с.
3. Технологическое пульсационное горение/ Под ред. Попова В.А.- М. -Энергоатомиздат, 1993. - 32-34 с.

*Тимошук Александр Леонидович, аспирант каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестский государственный технический университет.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*