

ТЕПЛОГЕНЕРАТОР С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ

Теплогенераторами обычно называют газоздушные теплообменные аппараты. Они получили широкое применение в системах отопления, на строительных объектах, в промышленности и сельском хозяйстве. Их усовершенствование, направленное на уменьшение расходов, связанное с изготовлением и эксплуатацией, может принести значительный экономический эффект. Исследования процессов горения, аэродинамики и теплообмена в пульсирующих потоках, проведенные на кафедре теплотехники БИСИ, позволили разработать опытно-полупромышленный теплогенератор с пульсирующим горением.

Теплогенератор, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, представляет собой многоходовой теплообменный аппарат с встроенными в него камерой воспламенения 1 и резонансной трубой 8. Поверхности теплообмена образованы двумя стальными цилиндрами, разделенными перегородками 3. Поверхности цилиндров не гладкие, а изготовлены в виде гармоникообразных элементов с ребрами, параллельными направлению течения теплоносителей.

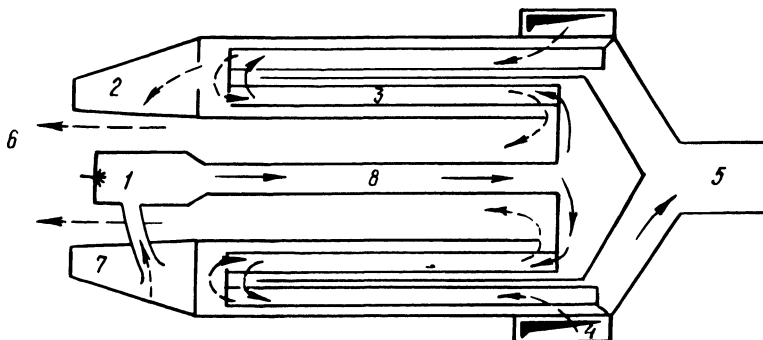


Рис. 1. Схема теплогенератора с пульсирующим горением: 1 — камера воспламенения; 2 — коническая емкость; 3 — теплообменник; 4 — вход холодного воздуха; 5 — удаление продуктов сгорания; 6 — выход горячего воздуха; 7 — аэродинамический клапан; 8 — резонансная труба.

В качестве топлива использовался соляр, распыливаемый механической форсункой и сжигаемый в камере пульсирующего горения, состоящей из элементов 1 и 8. Воздух, необходимый для горения, подводился через аэродинамический клапан 7 из

полости 2, связанной с воздушным пространством теплообменника. Нагреваемый воздух подавался вентилятором по коробу 4 и выходил по стрелке 6, дымовые газы – по стрелке 5. Размеры аппарата: длина – 2100 мм, диаметр – 760 мм.

Созданный теплогенератор является одной из первых попыток конструктивного оформления нагревания воздуха при помощи сжигания топлива в пульсирующем режиме.

Простота конструкции позволила изготовить теплогенератор силами обычной механической мастерской.

При испытаниях теплогенератора ставились следующие задачи:

- проверка принципиальной возможности компоновки в одном аппарате камеры пульсирующего горения с теплообменником, воздушным вентилятором и камерами для шумоглушения;

- получение основных технико-экономических характеристик устройства;

- определение путей дальнейшего усовершенствования устройства;

- уточнение режимных и технологических показателей предельной величины дросселирования камеры пульсирующего горения, влияния формы и величины шумогасящего кожуха на работу камеры пульсирующего горения, термической и вибрационной устойчивости конструктивных материалов и т.д.

В табл. 1 представлены некоторые результаты испытаний теплогенератора.

Следует обратить внимание на высокую степень нагрева воздуха при относительно низких температурах уходящих газов что достигнуто в небольших габаритах устройства.

Аэродинамическое сопротивление газового тракта выше, чем воздушного, что позволяет обходиться низконапорным вентилятором, а камера пульсирующего горения способна преодолеть без дымососа сопротивление выхлопным уходящим газам.

В топочных и уходящих газах совершенно отсутствует сажа. Режим горения можно вести при минимальных избытках воздуха.

Обращает на себя внимание низкая концентрация окислов азота в уходящих газах. В обычных топливосжигающих установках даже при использовании газообразного топлива выход окислов азота значительно превышает указанные величины.

В табл. 2 приведены данные по уровню шума в непосредственной близости от теплогенератора. Координаты точек замеров \bar{X} , \bar{Y} означают соответственно расстояния от камеры вос-

Таблица 1. Параметры работы теплогенератора

Параметры	Режимы работы				
Тепловая мощность, кВт	122	140	119	145	124
Расход топлива, кг/ч	14,1	17,1	14,5	17,7	14,1
Расход холодного воздуха, кг/ч	4750	5100	5660	5000	4750
Температура холодного воздуха, °С	24	10	10	10	20
Температура горячего воздуха, °С	132	120	107	122	125
КПД, %	87,3	82,4	82	82,7	88,1
Средний коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·град	26	32	28	31	26
Сопротивление по воздушному тракту, мм вод. ст.	45	47	68	46	45
Сопротивление по газовому тракту, мм вод. ст.	85	102	88	108	87
Температура уходящих газов, °С	142	155	145	165	140
Состав уходящих газов, %					
O ₂	1	-	3	-	-
CO ₂	13,5	14,0	12,8	-	-
NO _x , мг/м ³	35,7	68	41,5	74	41,8

пламенения 1 (рис. 1) вдоль продольной оси и радиуса аппарата.

Сравнение опытных данных, приведенных в табл. 2, с уровнями шумов, создаваемых существующими теплогенераторами, показывает, что испытанный аппарат с пульсирующим горением генерирует значительный уровень шума. Он может быть снижен известными мероприятиями: звукоизоляцией, шумо-

Таблица 2. Звуковое поле вокруг теплогенератора

Номера точек замеров	Координаты точек замеров, м		Уровень звука А, Дб	Среднегеометрическая частота, Гц			
	Х	У		звучное давление по частотам, Дб			
				63	250	1000	4000
1	1	1	99	103	104	86	73
2	1	2	94	99	99	86	72
3	0	2	95	102	98	83	66
4	0	2,5	95	100	98	87	73
5	0	0	102	106	107	89	80
6	0	3	95	98	98	90	80
7	0	1,5	98	105	100	92	84
8	0	1	85	100	102	91	74
9	0	0,5	99	98	88	76	66
10	5	5	84	89	88	70	55
Помещение	2	1	83	93	82	67	54

глушением, выбором материалов, формы, компоновки. Измерения температур продуктов сгорания показали, что вследствие охлаждения резонансной трубы 8 и камеры воспламенения 1 (рис. 1) температура дымовых газов на выходе из резонансной трубы составляла 600 – 800°C. Температура самого теплонапряженного участка поверхности аппарата, расположенного у торца резонансной трубы, не превышала 650°C.

Так как этот элемент не испытывает механических воздействий, то для изготовления его не требуются специальные жаростойкие дорогие материалы.

Чистое суммарное время работы теплогенератора составило более 300 ч, время разового включения – до 5 ч.

Результаты эксплуатации показывают, что аппарат может быть изготовлен без применения легированных сталей, за исключением камеры пульсирующего горения и резонансной трубы.

Испытания показали, что камера пульсирующего горения в устройствах подобного типа может устойчиво работать при значительных противодавлениях, обусловленных аэродинамическим сопротивлением теплообменника. Это позволяет значительно увеличить плотность набивки теплообменника, сделать аппарат более компактным. Установлена возможность поддержания надежного пульсационного режима при снабжении камеры пульсирующего горения воздухом из замкнутого объема малой величины, что создает резервы для увеличения степени поглощения шума. Плотность тепловыделения при сгорании топлива, отнесенная к объему камеры пульсирующего горения, достигала $(25 - 30) \times 10^6$ Вт/м³ при отсутствии недожега.

Проведенной работой в основном решены принципиальные технологические вопросы для серийного изготовления теплогенератора с пульсирующим горением: выявлена надежность пульсационного режима (запуск, контроль, останов, возможность автоматизации); подтверждена высокая эффективность работы (отсутствие недожега, малый выход окислов азота, малый избыток воздуха, высокий КПД и т.д.); доказана удовлетворительная долговечность конструктивных элементов; намечены пути для создания других схем теплогенераторов (по теплообмену, компоновке, шумоглушению). Все это позволяет перейти к проектированию серийного теплогенератора с пульсирующим горением.

УДК 533.6.:621.63

Е.Н.Толчинский, В.Д.Дунский, Н.А.Фейгина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РАЗМОЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛЬНИЦ-ВЕНТИЛЯТОРОВ

Освоение месторождений бурых углей Сибири и Дальнего Востока ставит задачу создания новых и совершенствования традиционных размольных устройств, применяемых на электрических станциях. В ряду этих устройств особое место занимают мельницы-вентиляторы (МВ), так как они позволяют создать мощные пылесистемы повышенной взрыво- и пожаробезопасности. Применение инертных продуктов горения в качестве сушильного агента таких пылесистем приводит к снижению температуры в центральной зоне топки котлоагрегата, что благоприятно сказывается на обеспечении бесшлаковочных ус-