

ления температуры загрязненной стенки трубы, хотя и получена без учета влияния вторых и третьих отраженных тепловых потоков, позволяет с достаточной точностью и очень просто рассчитывать для любых условий температуру загрязненной стенки, а по ней собственное излучение. Сравнение результатов расчета, полученных по предлагаемому методу и по методу [1, 3], с учетом вторых и третьих отраженных тепловых потоков показало хорошую сходимость.

#### Л и т е р а т у р а

1. Геллер З.И., Ковальский Е.В. О расчете коэффициента теплового эффективности и загрязнении экранов. — Теплоэнергетика, 1966, № 3.
2. Карасина Э.С. К вопросу об учете загрязнения радиационных поверхностей нагрева. — Теплоэнергетика, 1968, № 6.
3. Geller Z.I. and Koval'skiy E.V. On temperature distribution over the external surface of Schreen tubes. — International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 9, 1964.

УДК 662.931 (088.8)

В.С.Севернин

#### ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЛОЕВОГО ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

Пульсирующее горение, как известно, реализуется при факельном сжигании. В разработке [1,2] показано, что такой автоколебательный процесс можно организовать и при слоевом сжигании. Явление пульсирующего горения — это модификация эффекта Рийке, который заключается в возбуждении звука нагретой докрасна сеткой, расположенной внутри вертикальной трубы на 1/4 высоты ее снизу. Частота колебаний газа (первая гармоника) в трубе определяется соотношением

$$f = \frac{c}{2L},$$

где  $c$  — скорость звука в трубе;  $L$  — ее длина. Амплитуда колебаний давления обусловлена геометрией и величиной переменного теплового потока от сетки к воздуху. В исследуемом процессе сетка заменена слоем горящего кускового твердого топлива, а сочетание слоевого горения с продольными колебаниями газа и есть слоевое пульсирующее горение.

Задача настоящих исследований заключалась в выявлении возможностей существования пульсационных режимов при конструктивных изменениях и режимных воздействиях с целью отработки топочного устройства.

Исследования проводились на трубах-топках диаметром 0,07; 0,1; 0,13, 0,35 м и длиной 1,7; 2,0; 3,0; 3,7 м. Колосниковые решетки изготавливались на листовой стали со сверлениями 0,004 — 0,008 м и в виде спирали из стальной проволоки. Трубы, как правило, устанавливались вертикально.

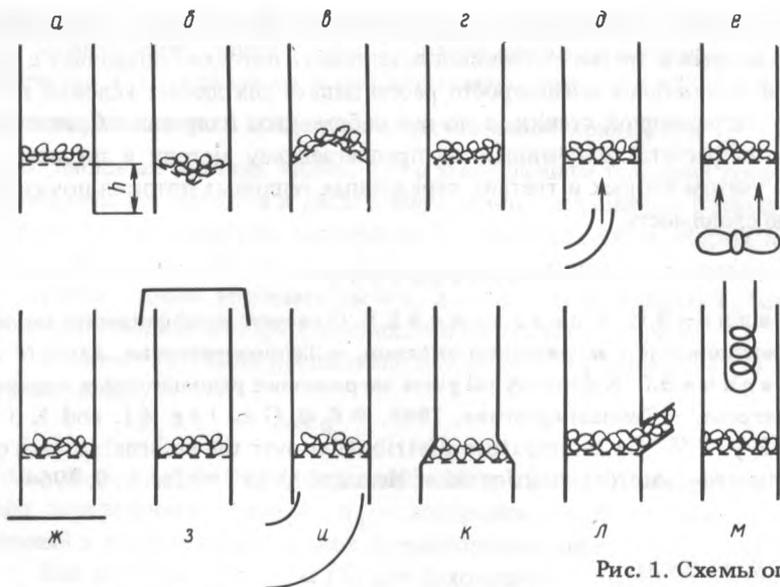


Рис. 1. Схемы опытов.

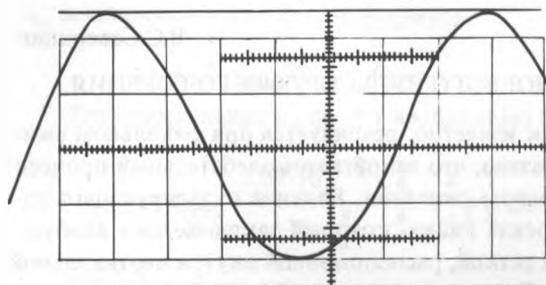


Рис. 2. Осциллограмма давления газа в трубе-топке.

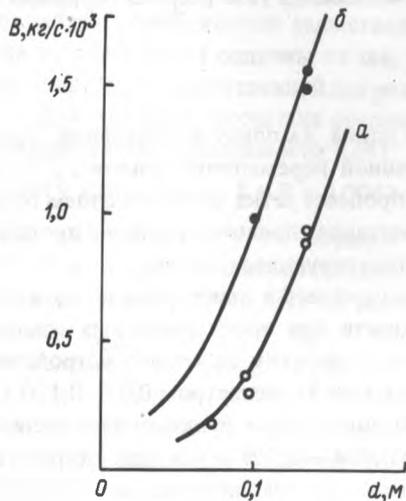


Рис. 3. Расход топлива.

Топливо в основном загружалось с верхнего открытого конца. Использовались дрова (сухая сосна), кокс и натуральный уголь.

При использовании в качестве топлива дров в конструкциях изменялись: расположение колосниковой решетки (рис. 1, а, разная высота  $h$ ); конструкция колосниковой решетки (рис. 1, б, в, г — конус вершиной вверх и вниз, спираль); дутье (рис. 1, д, е — сосредоточенной и равномерной струей); отражатели (рис. 1 — сверху и снизу); конфигурация канала (рис. 1, и, к); топливная течка (рис. 1, л); тепловоспринимающие элементы (рис. 1, м).

Топливо воспламенялось внешним факелом. Для ускорения выхода на режим первая порция топлива смачивалась соляром.

Режим фиксировался электронным осциллографом с микрофонным датчиком давления. Образец осциллограмм давления в трубе-топке при устойчивом пульсационном режиме показан на рис. 2. Обращает на себя внимание частота синусоиды первой гармоники, в то время как при факельном пульсирующем горении всегда имеются обертоны.

Проведенные опыты показали следующее:

режим существует при определенном расположении слоя топлива, толщина слоя не должна превышать два калибра трубы, диапазон оптимального расположения решетки тоже порядка двух калибров;

форма решетки почти не влияет на существование пульсационного режима, ее можно изготавливать в виде конусов, плоскостей, спиралей, переплетений и т.д.;

изгибание трубы-топки не ухудшает пульсационного режима: как со стороны подачи воздуха, так и со стороны отвода газов установка гибов почти не влияет на горение; газ после трубы можно направить отражателем даже вниз без нарушения акустики. Возможно наклонное и даже горизонтальное расположение трубы с принудительной подачей воздуха. Допустимо изменение сечения топки;

дутье интенсифицирует пульсационный режим, причем это воздействие сильнее остронаправленного дутья;

в опытах отмечено резкое усиление режима при определенном расположении отражателя снизу (рис. 1, ж). При величине зазора между нижним срезом трубы и плоским листом порядка 0,01—0,02 м амплитуда колебаний возрастает, скорость горения увеличивается. Такой эффект сравним с подачей дутья;

установка топливной течки сбоку трубы-топки для непрерывной подачи топлива не ухудшает режима даже в том случае, когда эта течка открыта;

если топливо горит высоко над решеткой (застревает в трубе), режим срывается. Режим особо устойчив, когда кокс и уголь становятся красными беспламенными горячими телами. При горении летучих пламя, колеблясь, опускается ниже решетки. При растоках из топки идет дым, после выхода на устойчивый режим дымление прекращается. При дожигании слоя

топлива вверх выносятся мелкие угли, поэтому для предотвращения уноса желательна вторая колосниковая решетка, как в [2].

внесение в объем трубы-топки посторонних тел не ухудшает пульсационного режима, поэтому вполне возможна установка теплообменника над решеткой.

Количественно процесс характеризуется следующими данными: частота пульсаций 72–75 Гц; амплитуда колебаний давления (оценка) 500–1000 Па; средняя температура газов в трубе 600–900 К; средняя скорость газов 3–10 м/с.

Напряжение зеркала горения ( $v \frac{МВт}{м^2}$ ): горение без пульсаций 0,9–1; слоевое пульсирующее горение без дутья 1,2–1,4; то же с дутьем 1,82–2,05; слоевое пульсирующее горение без дутья с отражателем снизу 1,8–2,0.

Расход топлива показан на графиках для труб-топок различных диаметров: без дутья (рис. 3, а) и с дутьем (рис. 3, б).

Естественно, тепловая мощность с увеличением диаметра растет примерно параболически. Коэффициент избытка воздуха, рассчитанный по скорости воздуха в нижней части трубы и расходу угля, составил 1,5–2,3.

#### Л и т е р а т у р а

1. Северянин В.С., Лысков В.Я. Камерная топка. А.с. 228216 (СССР). — Бюл.изобрет., 1968, № 31. 2. Северянин В.С. О нагревателях с пульсирующим горением. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1974, № 5.

УДК 697.34.001.24

Э.П.Минич, В.П.Бразовский, Б.В.Яковлев

### К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ ТЕПЛОПРОВОДОВ В КРУПНЫХ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Целесообразность сооружения крупных источников тепла для совместного снабжения теплом промышленных и коммунально-бытовых потребителей и необходимость выноса источников за пределы городской застройки приводят к существенному увеличению дальности передачи тепловой энергии, диаметров теплопроводов и связанных с этим затрат на строительство и эксплуатацию тепловых сетей.

Поэтому задача определения оптимальных характеристик транспортной сети является весьма актуальной. Одним из основных факторов, определяющих экономичность системы теплоснабжения, является выбор рациональных диаметров теплопроводов, обоснованных технико-экономическим расчетом.

Существующие методы расчета опираются на рекомендованные строительными нормами и правилами усредненные значения удельных потерь дав-

*УДК 662.931 (088.8)*

Северянин В.С. Об использовании слоевого пульсирующего горения. "Научные и прикладные проблемы энергетики", 1980, вып. 7, с. 73—76.

Экспериментально выяснено, что устройства слоевого пульсирующего горения допускают достаточную свободу при выборе конструктивных вариантов. — Ил. 3. Библиогр. 2.