

Рис. 2. График зависимости сопротивления сдвигу от нормальных напряжений

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Минеральная часть топлива. Шлакование, загрязнение и очистка котлов: сборник докладов IV научно-практической конференции. Челябинск, 4-7 июня 2007 г.: в двух томах. – Т. 1. – 214 с.
2. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.В. Филаретов – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.
3. Карницкий, Н.Б. Синтез надежности и экономичности теплоэнергетического оборудования ТЭС. – Мн.: ВУЗ ЮНИТИ, 1999. – 227 с.
4. Зимон, А.Д., Аутогезия сыпучих материалов / А.Д. Зимон, Е.И. Андрианов. – М.: Metallургия, 1978. – 288 с.
5. Дженике. Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов / Под ред. М.И. Агошкова. – М.: Мир, 1968. – 164 с.
6. Зенков, Р.Л. Механика насыпных грузов. – М.: Машгиз, 1952. – 216 с.

Материал поступил в редакцию 23.04.09

**KARNITSKI N.B., CHIZ V.A., NEREZKO A.V. Forecasting of critical drift of surfaces of heating of heat exchangers**

In the given work the multifactorial mathematical model under the forecast of drift of surfaces of heating of heat exchangers is resulted. The dependence connecting durability of adjournment and the factor of drift is received. Researches adhesion properties of the adjournment formed on surfaces of heating of coppers, using local firm fuel are conducted.

УДК 620.9

**Северянин В.С., Кушнерик В.В.**

**ОСОБЕННОСТИ ПРЕРЫВИСТОЙ ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ТОПКУ**

**Введение.** Несмотря на достаточно глубокую изученность топочных процессов, остается много неясных моментов, особенно в нестационарных режимах горения. Известно, что прерывистое обдувание частиц горящего топлива, в общем, увеличивает скорость горения, т.е. тепловую мощность топки. Однако анализ прерывистой подачи воздуха в топку приводит к выводу, что возможны режимы, когда в топку можно подать больше воздуха, чем при его равномерной подаче, а значит и увеличить количество сгоревшего топлива. Кроме того, возможны и другие эффекты.

**Расчетные характеристики.** Общую схему прерывистой подачи воздуха изобразим следующим образом (рис. 1). Имеется топочный объем  $v$ ; патрубок сечением  $F$ , через который удаляется газ из топочного объема при помощи дымососа или самотягой; отверстие для подачи воздуха на горение, с сечением  $f$ . Через отверстие проходит поток со скоростью  $W$ , и расходом воздуха  $V$ . Отверстие резко открывается и закрывается с определенными интервалами времени  $\tau_0$  и  $\tau_3$ .

Рассмотрим коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  в топке при прерывистой подаче воздуха. В топочном объеме имеется некоторое количество топлива, для сжигания которого теоретически требуется количество воздуха  $N$ . Коэффициент  $\alpha$  равен отношению объема воздуха, подаваемого в топку  $V$  к теоретически необходимому для горения объему воздуха  $N$ .

$$\alpha = \frac{V}{N}$$

В [1] получено (1).

Выражение (1) позволяет определить мгновенное значение расхода воздуха в процессе его прерывистой подачи в топку в любой момент времени  $\tau$ .

Для оценки количества воздуха, поданного в топку при прерывистой подаче, нужно рассмотреть интегральное отношение объема воздуха при прерывистой подаче к объему при стационарной подаче (2).

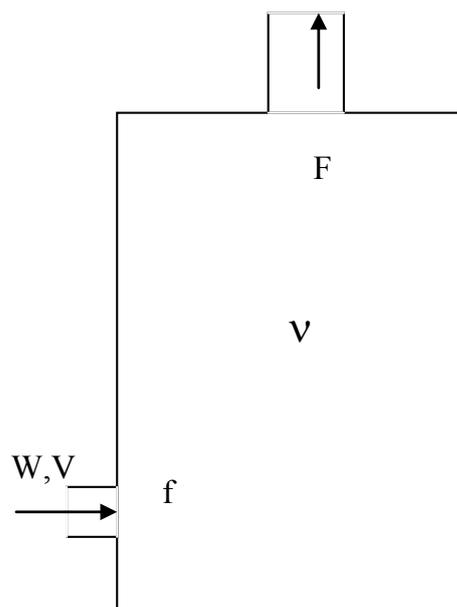


Рис. 1

Выражение для  $K$  определяем численно.

Выбираем постоянные значения аргументов [2] (таблица 1).

Получим некоторые зависимости.

При фиксированных параметрах  $Wz=10$  м/с;  $\tau_3=0,5$ сек;  $F=0,1$ м<sup>2</sup>;  $f=0,01$ м<sup>2</sup>;  $v=1,5$  м<sup>3</sup>; и изменяя температуру уходящих газов от 1673 К до 973 К получим следующую зависимость  $K(T)$ .

Из графика видно, что при снижении температуры уходящих газов объем подаваемого воздуха увеличивается.

Время закрытия  $\tau_3$  при упомянутых условиях влияет на  $K$ , как показано на рис. 3.

**Северянин Виталий Степанович**, профессор, д.т.н., профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

ул. Московская, 267, УО БрГТУ, г. Брест, Беларусь.

**Кушнерик Валерий Васильевич**, ст. преподаватель Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина.

Беларусь, БГУ им. А.С. Пушкина, 224665, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

$$V = \frac{1}{3}(V_{np} + V_{cm}) + \frac{2V_{np}\cos(\pi) \left[ \frac{V_{np}}{V_{cm}} \left( 1 - \frac{\cos(2\pi)}{\cos(\pi)} \right) + \frac{\cos(2\pi)}{\cos(\pi)} \left( 1 - \frac{\cos(3\pi)}{\cos(2\pi)} \right) \right]}{3\pi} \sin\left(\frac{\pi}{l}\tau\right) +$$

$$\frac{2V_{np} \cdot \cos(2\pi) \left[ \frac{V_{np}}{V_{cm}} \left( 1 - \frac{\cos(4\pi)}{\cos(2\pi)} \right) + \frac{\cos(4\pi)}{\cos(2\pi)} \left( 1 - \frac{\cos(6\pi)}{\cos(4\pi)} \right) \right]}{6\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{l}\tau\right) +$$

$$\frac{2V_{np} \cdot \cos(3\pi) \left[ \frac{V_{np}}{V_{cm}} \left( 1 - \frac{\cos(6\pi)}{\cos(3\pi)} \right) + \frac{\cos(6\pi)}{\cos(3\pi)} \left( 1 - \frac{\cos(9\pi)}{\cos(6\pi)} \right) \right]}{9\pi} \sin\left(\frac{3\pi}{l}\tau\right), \tag{1}$$

где

$$V(\tau) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \tau \leq l; \\ V_{np}, & l < \tau \leq 2l; \\ V_{np}, & 2l < \tau \leq 3l. \end{cases}$$

$l$  – период,  $l = \tau_3 + \tau_0$ .

$$K = \frac{\int V_{np} \cdot d\tau}{\int V_{cm} \cdot d\tau} = K,$$

$$K = \frac{v}{W_{cm} \cdot f \cdot \tau \cdot F_{\mu_r} \cdot \psi_r \cdot \sqrt{R_r T_r} \cdot (n-1)} \cdot \left[ \frac{\rho \nu \zeta \nu \cdot \left[ \frac{\tau \zeta f \mu \nu \psi \nu \sqrt{R_b T_b} \cdot (n-1)}{2\nu} + 1 \right]^{n-1}}{\rho \nu \zeta \nu} \right]^{n-1} \cdot -1 \times$$

$$\times \sqrt{\frac{W_r^2 \rho_r \zeta_r}{\rho \nu \zeta \nu \cdot \left[ \frac{\tau \zeta f \mu \nu \psi \nu \sqrt{R_b T_b} \cdot (n-1)}{2\nu} + 1 \right]^{n-1}}}}. \tag{2}$$

Таблица 1

$\rho_r$ (кг/м <sup>3</sup> )	$\rho_b$ (кг/м <sup>3</sup> )	$\xi_r$	$\xi_b$	$\mu_r$	$\mu_b$	$\psi_r$	$\psi_b$	$R_r$ (Дж/кг К)	$R_b$ (Дж/кг К)	$T_b$ (К)	$W_{ст}$ (м/с)	$n$
0,7	1,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,685	0,685	189	287	293	4	1,4

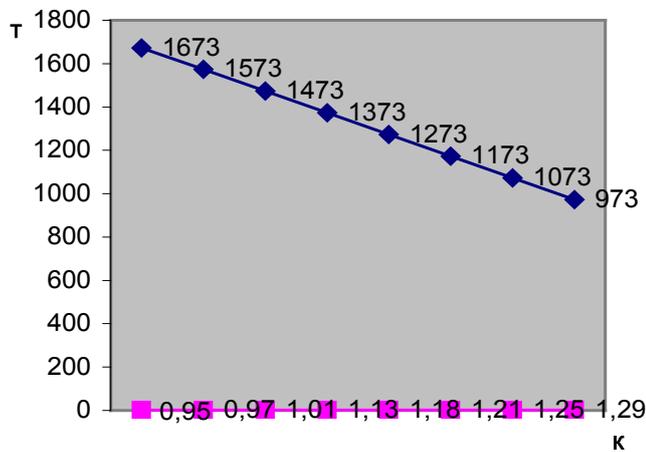


Рис. 2. График зависимости K(T)

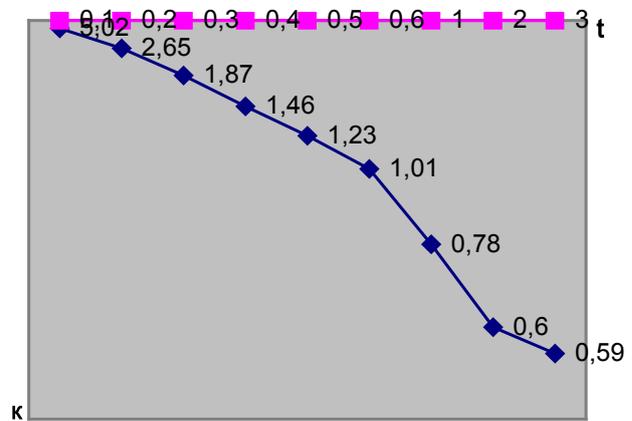


Рис. 3. График зависимости K( $\tau_3$ )

Из рис. 3 видно, что время закрытого состояния заслонки должно находиться в пределе до 0,6 сек., после чего воздуха подается меньше чем при стационарной подаче.

В течение времени пока закрыта заслонка  $\alpha < 1$ , так как  $V < N$ , образуется какое-то количество газов, как только открывается заслонка  $\alpha > 1$ , так как  $V > N$ , сгорают образовавшиеся газы, и, как только они сгорели, закрывается заслонка и процесс повторяется.

**Заключение.** Прерывистая подача воздуха обусловлена режимом открытия и режимом закрытием заслонки, регулирующей подачу воздуха. При таком способе подачи воздуха реализуются следующие факты:

1. Расход воздуха может быть увеличен при прерывистой подаче воздуха в топку [1].
2. В уходящих газах уменьшаются концентрации вредных веществ.

3. Кроме того, можно добиться таких режимов подачи воздуха, при которых в одном и том же топочном объеме будет происходить и газогенерация – горение при коэффициенте избытка воздуха меньше 1; и дожигание генераторных газов – горение при коэффициенте избытка воздуха больше 1. Последний факт позволит упростить конструкцию оборудования для сжигания местных твердых видов топлива (как правило, они низкосортны).

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Черников, И.А. Повышение эффективности сжигания низкосортных топлив в топках кругового ворошения: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Брест, 2004.
2. Теплотехнический справочник / Под ред. В.Н. Юреньева и П.Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1975.

Материал поступил в редакцию 09.04.09

**SEVERIANIN V.S., KUSHNERIK V.V. Osobennosti of faltering giving of air in a fire chamber**

In article some features of faltering submission of air in the boiler, and influence of such way of submission of air on processes of burning are considered.

УДК 620.9

Северянин В.С.

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ**

**Введение.** Несмотря на сложности реализации проектов солнечной энергетики, особенно в странах с незначительной и неравномерной инсоляцией, исследовательские и внедренческие работы не ослабевают. Громадный поток солнечной световой энергии столь значителен (более 1,3 кВт/м<sup>2</sup>) на уровне орбиты Земли, что заставляет постоянно возвращаться к этому возобновляющемуся энергоисточнику и решать не только задачи по улавливанию, фиксации, аккумулярованию и передаче потребителям этой энергии, но и оптимизации потребления, поиску новых целесообразных потребителей.

В предыдущем номере нашего журнала (Вестник БрГТУ. – №2, 2008. – С. 40–48) описаны разработанные научно-исследовательской лабораторией ПУЛЬСАР-БрГТУ некоторые конструкции гелиоустановок. В настоящей статье показаны такие направления использования гелиотехники, которые являясь неординарными, позволят смягчать проблемы энергосбережения для крупных энергопотребителей и энергопроизводителей: нефтехимическая промышленность, энергетика, коммунальное хозяйство. Эти примеры подчёркивают необходимость дальнейшего развития гелиотехники.

**Способ ректификации.** Способы ректификации (или крекинга, перегонки) нефти основаны на том, что при нагреве нефти образуется паровая фаза, отличающаяся от жидкости. Конденсируя пар при разных температурах получают бензин, лигорин, керосин, дизтопливо, мазут. Это сопровождается большим расходом топлива для получения необходимого количества теплоты в процессе ректификации. Для этого используется топливо в специальных печах с теплообменниками. Недостаток процесса – отрицательное экологическое действие горения, уменьшение выхода продукта из-за потребления его в качестве топлива. Поэтому надо уменьшить расход топлива на проведение процесса ректификации нефти, что реализуется применением солнечной энергии. Технический результат – уменьшение загрязнения окружающей среды продуктами горения, расхода топлива, увеличение количества продукта при том же исходном количестве нефти. Это достигается тем, что ректификация, заключающаяся в нагреве путём подачи теплоты к кипящему потоку нефти с последующим многоступенчатым отбором паров, их конденсацией и охлаждением продукта, ведётся так, что параллельно нагреву нефти в огневых подогревателях осуществляют подогрев в гелиоустановке, причём последовательно: в гелиоколлекторах до температуры кипения, в гелиоконцентраторах – при температуре кипения нефти.

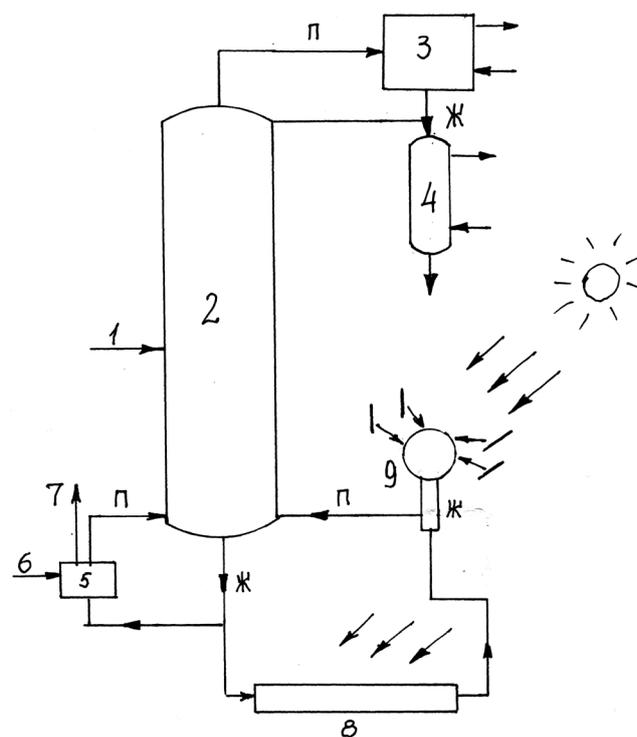


Рис. 1

Предлагаемый способ может быть реализован по схеме, изображённой на рис. 1, где обозначено: подача сырой нефти – 1, ректификационная колонна – 2, конденсатор -3, охладитель продукта – 4, огневой нагреватель – 5, подача топлива – 6, выброс продуктов сгорания – 7, гелиоколлектор – 8, гелиоконцентратор – 9, жидкость – Ж, пар – П используется существующее и новое оборудование. Подача сырой нефти 1 – обычными насосами и трубопроводами, ректификационная колонна 2 с ректификационными тарелками, конденсатор 3 обычного трубчатого типа, в трубки подаётся охладитель (вода и др.), охладитель продукта 4 – рекуперативный теплообменник, огневой нагреватель 5 – это печь с горелками с подачей топлива 6 и выбросом продуктов сгорания 7 в атмосферу, и теплообменни-