



**НИЦЭБ
РАН**



**Сборник научных трудов молодых ученых,
аспирантов, студентов
и преподавателей**

**VIII МОЛОДЕЖНЫЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС**

«СЕВЕРНАЯ ПАЛЬМИРА»

22-24 ноября 2017 года



**Санкт-Петербург
2017**

**Санкт-Петербургский научный центр РАН
Объединенный научный совет «Экология и природные ресурсы»**

**Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН**

**Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и
преподавателей**

**VIII МОЛОДЕЖНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА
«СЕВЕРНАЯ ПАЛЬМИРА»**

22-24 ноября 2017 года

При поддержке:

**Санкт-Петербургского национального исследовательского университета
информационных технологий, механики и оптики**

Специализация: изучение влияния загрязнения атмосферного воздуха на показатели здоровья населения.
E-mail: markuznetsovaia@gmail.com

Kuznetsova M.A.

Student.

Specialization: studying of the impact of air pollution on human health indicators.

E-mail: markuznetsovaia@gmail.com

УДК 662.613

П.В. Медведева, А.И. Файзуллина

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»
Россия, 420066 г. Казань ул. Красносельская, 51
E-mail: oksiniy@mail.ru**

Приведенная методика позволяет подобрать такие значения геометрических и термодинамических параметров трубки Рийке, которые были бы оптимальны для рабочего процесса горения жидкого топлива.

Ключевые слова: трубка Рийке, теплоподвод, время жизни капли, изменение диаметра.

Medvedeva P.V., Fayzullina A.I.

APPLICATION OF VIBRATION COMBUSTION FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

**Kazan State Power Engineering University
Russia, 420066, Kazan, Krasnoselsky str., 51
E-mail: oksiniy@mail.ru**

The above procedure allows us to select the values of the geometric and thermodynamic parameters of the Rijke tube, which would be optimal for the working process of burning liquid fuel.

Keywords: calculation stages, combustion parameters, combustion products, environmental indicators.

Колебания, возникающие в сплошных средах, могут интенсифицировать ряд процессов, происходящих в промышленных установках. Известно, что в колеблющихся

потоках происходит существенное ускорение различных теплообменных процессов (смесеобразования, испарения, теплопередачи от газа к стенкам, теплообмена при взаимодействии потока с нагретыми телами и пр.). При вибрационном горении, кроме того, происходит увеличение теплонапряженности топочного объема, улучшение полноты сгорания топлива по сравнению с равномерным режимом горения. Эти преимущества могут быть использованы в энергетических установках с умеренным форсированием процессов горения, в которых амплитуда колебаний будет не такой большой, чтобы привести к каким-либо серьезным последствиям.

Другой современный аспект применения вибрационного горения связан с проблемой защиты окружающей среды. Развитие промышленности привело к появлению различных отходов, требующих утилизации. В полной мере это относится и к бытовому мусору. Часто термическое разложение отходов является единственным способом их уничтожения. Использование вибрационного режима горения является одним из перспективных направлений, поскольку одновременно решаются обе указанные задачи – получение энергии за счет сжигания отхода и их утилизация путем частичного или полного уничтожения. Интенсификация процесса горения колебаниями дает возможность сжигать вещества, которые в обычных печах, с равномерным режимом, не горят или имеют низкую полноту сгорания.

Практически по всем показателям пульсационный режим более выгоден, чем стационарный. Исключение составляет лишь шум, излучаемый энергоустановкой. Увеличение тепловой мощности энергоустановки приводит к увеличению её габаритов.

Рассматривается цилиндрическая труба длины L , диаметра d , причем $d \ll L$. Ось трубы $O\xi$ наклонена к горизонту под углом α . В сечении $\xi = L_1$ имеется теплоподвод шириной σ (трубка Рийке). Схема трубы и положение капли представлены на рис. 1.

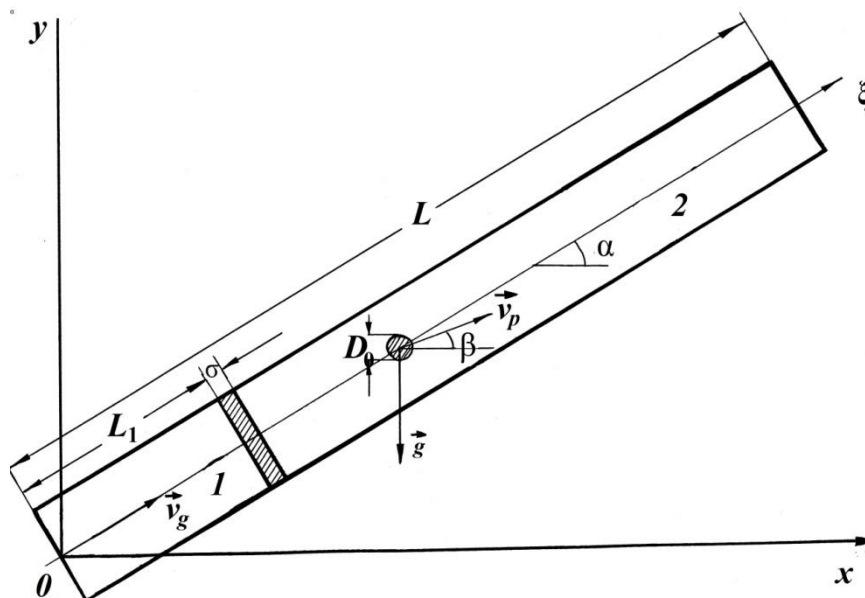


Рис. 1 Схема трубы

Приведем условия моделирования поведения капли в акустическом поле трубы

1. Рассматривается трёхмерное движение капли в одномерном акустическом поле трубы.
2. Капли в трубе не дробятся, предварительная подготовка их к испарению (дробление, прогрев, самовоспламенение) происходит в резонаторной трубе.
3. Обратные токи отсутствуют. Процесс испарения поддерживается за счёт самовоспламенения компонентов непосредственно после поступления их в трубу.
4. Рассматривается движение капли наибольшего диаметра, образованной в результате газодинамического распыла. Считается, что рассматриваемая капля изолирована от более мелких капель и имеет определённую начальную скорость.
5. В процессе движения капель не происходит их коалесценции (соприкосновения).
6. Испаряющиеся капли не влияют на характер движения газовой среды.
7. Лучистый теплообмен при нагреве и испарении капель не учитывается.
8. Начальная температура капель и газа равна той, с которой они поступают в камеру сгорания.
9. Колебания давления в камере не влияют на температуру в ней.

При решении задачи рассмотрим частный случай – труба закрыта с одного конца. Давление на входе и выходе полагаются постоянным. Решение строится на совместном решении системы волновых уравнений, уравнений движения и испарения [1-4].

Расчеты проводились для случая испарения капель дизельного топлива в кислороде воздуха. Приведем конкретные значения геометрических и термодинамических

параметров: $L=2,5$ м, $L_1=0,5$ м, $\sigma=0,2$ м, $T_B=633,5$ К, $T_\infty=293$ К, $T_R=293$ К, $\alpha=45^\circ$, $\mu_g=0,443 \cdot 10^{-4}$, $\beta=45^\circ$, $k_g=0,0691$ Дж/(мК), $M_g=29$ кг/кмоль, $\gamma=1,4$, $R=8314$ Дж/(кмоль·К), $c_p=1880$ Дж/(кг·К), $\alpha_g=1,139 \cdot 10^{-4}$ м³/с, $\rho_p=860$ кг/м³, $g=9,8$ м/с², $h_L=381000$ Дж/кг, $\rho_g=1,29$ г/м³, $D_{12}=0,0283 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

При заданных геометрических параметрах и $\chi = 0,71$, $\eta = 0,11$ и замеренных значениях $\bar{T}_1 = 293$ К, $\bar{T}_2 = 1025$ К значение $k_2 = 0,3933$ м⁻¹ получается из решения волнового уравнения [5, с. 30], а определенное экспериментально максимальное давление в начале трубы $p_{\max} = 5120$ Па.

Важное значение для организации эффективного процесса горения играет анализ движения капли в цилиндрической трубе. Касание стенок трубы каплей замедляет процесс горения. На рис. 2 представлены траектории капли в плоскости XOY при различных значениях начальной скорости капли, а на рис.3 – зависимость диаметра капли от безразмерного времени при постоянной скорости. На каплю постоянно действует сила тяжести, поэтому даже при нулевом значении начальной скорости капля достигает стенки трубы.

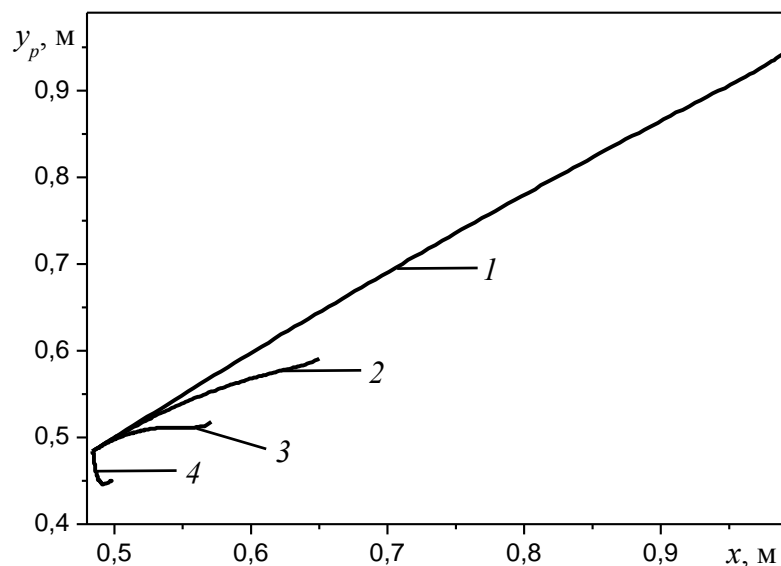


Рис. 2 Траектория движения капли при различной начальной скорости ($\alpha = \beta = 45^\circ$, $x_{p,0} = y_{p,0} = 0,484$ м):

1 – $v_{p,0} = 0$ м/с; 2 – $v_{p,0} = 1$ м/с; 3 – $v_{p,0} = 2$ м/с; 4 – $v_{p,0} = 7$ м/с

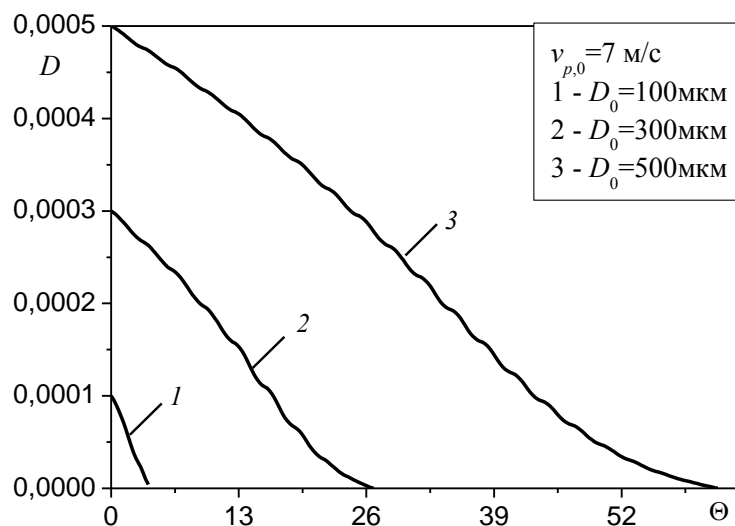


Рис. 3. Изменение диаметра капли в зависимости от безразмерного времени при постоянной скорости

Можно сделать вывод, что дальность полета капли зависит от величины начальной скорости и углов α и β . Увеличение начальной скорости интенсифицирует процесс горения. Приведенный анализ позволяет для заданной форсунки подобрать оптимальные геометрические и термодинамические параметры трубы, которые были бы оптимальны для рабочего процесса вибрационного горения.

Работа рекомендована: Попкова Оксана Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры «ТОТ» ФГБОУ ВО КГЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Carvalho J.A., Mcquay M.Q. and Gotac P.R.* The Interaction of Liquid Reacting Droplets with the Pulsating flow in a Rijke-Tube Combustor. *Combustion and Flame*. 108: 87–103, 1997.
2. *Зверев И.Н., Смирнов Н.Н.* Газодинамика горения. М: Изд-во МГУ, 1987. – 308 с.
3. *Нигматулин Р. И.* Динамика многофазных сред. Часть 1. М: Наука, 1987. – 464 с.
4. *Самарский А.А., Попов Ю.П.* Разностные методы решения задач газовой динамики. М.: Наука, 1980. – 352 с.

6. Попкова О.С., Шаймухаметова А.Ш. Расчет траектории движения и времени жизни горячей капли с акустическим потоком газа в трубке// Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2014. – №24. – С. 30-34.

Краткая информация об авторах.

Медведева П.В., студент 4 года обучения кафедры «ТОТ» ФГБОУ ВО КГЭУ.

Специализация: горение, устойчивость горения.

E-mail: polinochkamedvedeva@mail.ru

Medvedeva P.V., student, KSPEU.

Specialization: burning, stability of combustion.

E-mail: polinochkamedvedeva@mail.ru

Файзуллина А.И., магистрант 1 года обучения кафедры «ТОТ» ФГБОУ ВО КГЭУ.

Специализация: горение топлива.

E-mail: faizullinamyau@gmail.com

Fayzullina A.I., graduate student, KSPEU.

Specialization: burning of fuel.

E-mail: faizullinamyau@gmail.com

УДК 911.2+58.02

Д.С. Мюльгаузен, Л.А. Панкратова

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РЕЗУЛЬТАТЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГМК «ПЕЧЕНГНИКЕЛЬ»

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9**

E-mail: dariadauria@yandex.ru

В статье приводятся результаты оценки степени нарушенности растительных сообществ вследствие аэротехногенного загрязнения ГМК «Печенганикель». Выявлены ключевые признаки техногенных изменений в растительных сообществах, пространственные закономерности распространения загрязнения. На основе полевых данных и индекса NDVI идентифицированы зоны интенсивности изменения растительного покрова вследствие загрязнения воздуха.

Ключевые слова: растительный покров, аэротехногенное загрязнение, индекс NDVI, зонирование, ГМК «Печенганикель».

Оргкомитет VIII молодежного экологического Конгресса
«Северная Пальмира»

Председатель – д.э.н., профессор В.К. Донченко.

СПб НЦ РАН: Ю.Н. Бубличенко, к.б.н.
Н.Ю. Быстрова.

НИЦЭБ РАН: А.А. Тронин, д.г.-м.н., врио директора НИЦЭБ РАН
И.К. Калинина, к.т.н.
А.Б. Манвелова
В.И. Бардина
А.В. Кодолова, к.ю.н.

Университет ИТМО: М.А.Кустикова, к.т.н.
Е.И. Климов
Ю.В. Крылова, к.б.н.