

ISSN 1999 – 9801



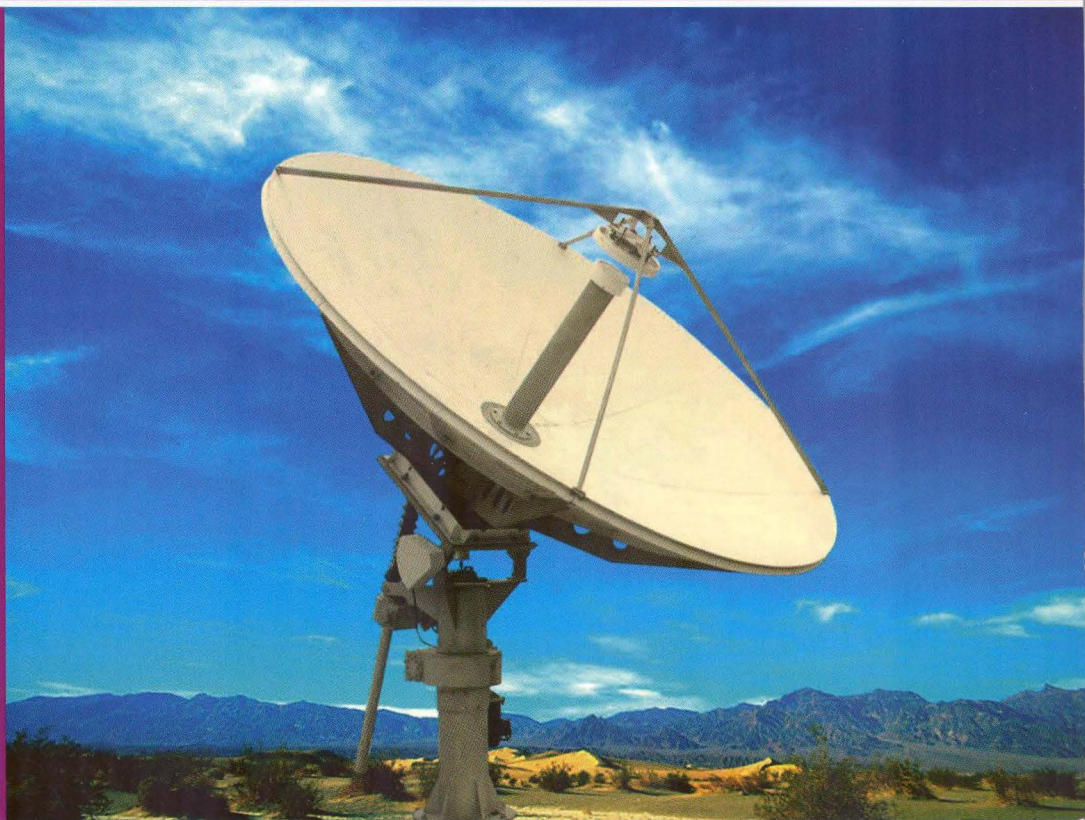
Алматы энергетика және
байланыс университетінің
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

1

2016



УДК 621.438

О СМЕШЕНИИ ТОПЛИВА С ВОЗДУХОМ

А.М. Достияров¹, М.Е. Туманов², Д.Р. Умышев²

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана

²Алматинский университет энергетики и связи, г.Алматы

***Аннотация.** В статье рассматриваются различные виды труб для смешения топлива с воздухом. Проведен анализ различных вариантов смешения ТВС в газовой горелке. Приводятся результаты, такие как – контуры температур, скоростей и концентраций топлива. Представленные результаты используются для проектирования новых газовых горелок, позволяющих повысить эффективность работы КС и снизить выбросы вредных веществ ГТУ в целом.*

Ключевые слова: закрутка, труба, топливо, воздух, смесь, перемешивание.

Введение

Разработка принципиально новых конструктивных схем устройств для сжигания топлива требует пересмотра ряда положений, характеризующих рабочий процесс традиционно форсуночно-горелочных устройств и камер сгорания. Здесь целесообразно максимальное рассредоточение очагов горения по сечению рабочей зоны и организация при возможности предварительного смесеобразования в элементах горелочных устройств. Реализация указанных мероприятий в топливосжигающих устройствах различного назначения позволят: поднять экономичность, снизить токсичность, металлоемкость, массу, уменьшить габариты камеры сгорания, а также обеспечить высокую полноту сгорания, уменьшить сажеобразование и образование окислов азота [1,2].

При условии достаточно большой теплотворной способности газообразных топлив их сжигание не вызывает особых проблем. Обычно горение газа происходит с малым образованием сажи и окислов азота. Основной трудностью является достижение оптимального уровня перемешивания в зоне горения. Слишком интенсивное перемешивание сужает пределы устойчивого горения, а слишком слабое может вызвать вибрационное горение с колебаниями давления.

Особое внимание при конструировании газовых горелок следует уделять выбросам вредных веществ. К ним относятся окислы азота, основная часть которых образуется в результате окисления азота находящегося в воздухе в высокотемпературных зонах камеры сгорания.

Главным фактором, определяющим образование NO_x , является температура. Действительно, выброс NO_x экспоненциально возрастает с повышением температуры пламени.

Для большинства практических целей остальные параметры можно учитывать лишь в той мере, в какой они влияют на температуру пламени. Поэтому для уменьшения выхода NO_x в первую очередь необходимо снизить температуру в зоне реакции. Затем важно исключить локальные горячие области в зоне реакции, поскольку недостаточно достигнуть приемлемого снижения средней температуры, если останутся локальные области высокой температуры, в которых скорость образования NO_x будет велика. Наконец, время, в течение которого может происходить образование NO_x , должно быть сведено к минимуму [2].

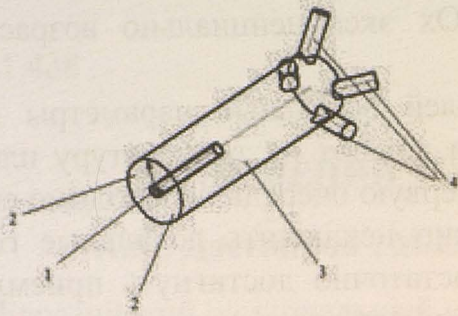
Согласно [2-5] к методам снижения образования оксидов азота относят гомогенизацию. Улучшенное перемешивание топлива и воздуха до горения посредством лучшего распыливания и распределения топлива и увеличения перепада давления на жаровой трубе сделало бы более равномерной температуру пламени в зоне горения.

Таким образом, разработки, нацеленные на дальнейшее совершенствование топливосжигающих систем для камер сгорания ГТУ имеют важное народнохозяйственное и социальное значение.

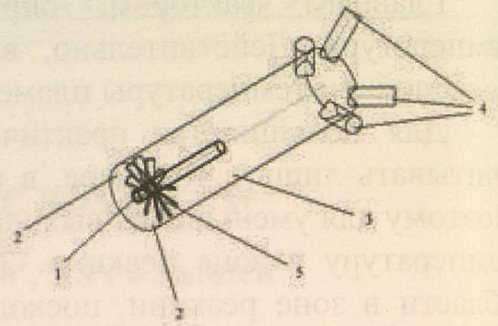
Исходя из этого, авторы сочли важным необходимость изучения процессов перемешивания топлива с воздухом перед подачей в зону горения, на различных видах конструкций труб для подачи топлива.

1 Конструкции труб

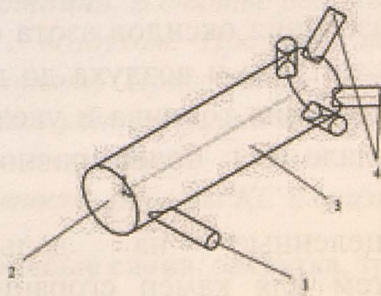
На рисунке 1 представлены конструкции труб для перемешивания топлива. Принцип работы трубы следующий: топливо вводится в пространство трубы (3) через трубку для подчки топлива (1), а воздух подается на входе в трубу (2). В трубах с закруткой поступающий воздух закручивается при помощи закручивающих лопаток. После этого топливно-воздушная смесь поступает в раздаточные патрубки (4). Вследствие отсутствия необходимости моделирования процесса горения, трубки были укорочены. Труба для подачи топлива тип 3 отличается от всех остальных тем, что в ней осуществляется тангенциальный подвод топлива. Трубы тип 4 и 5 отличаются тем, что в них в трубке для подачи топлива установлена насадка (рисунок 2).



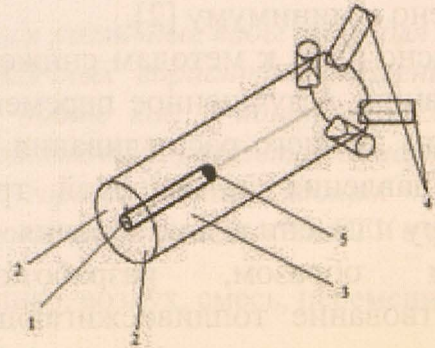
Тип 1



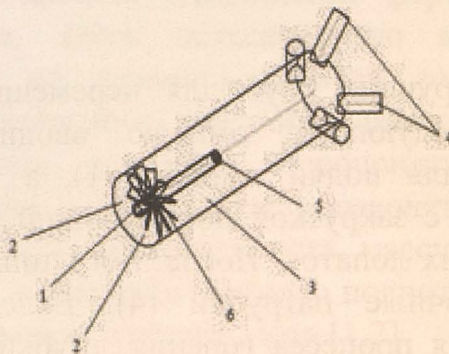
Тип 2



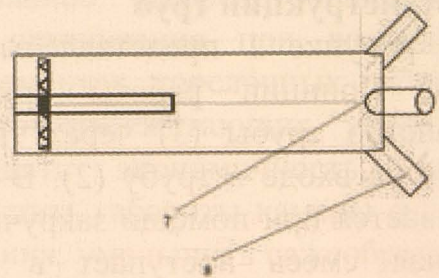
Тип 3



Тип 3



Тип 4



Места срезов

1 – трубка для подачи топлива; 2-вход воздуха; 3 – корпус трубы для подачи топлива; 4 – раздаточные патрубки; 5 – насадка на трубку для подачи топлива; 6 – закручивающиеся лопатки; 7 – срез в трубе для подачи топлива (рисунок 6); 8 – срез на патрубках для раздачи топлива (рисунок 7).

Рисунок 1 - Варианты конструкции труб

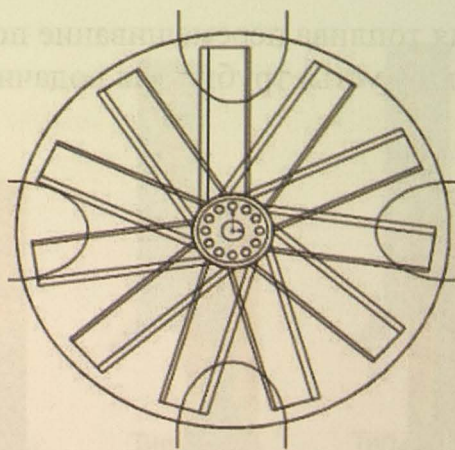


Рисунок 2 - Общий вид отверстия для подачи топлива

2 Начальные и граничные условия

Для расчета труб для перемешивания топлива использовались начальные условия представленные в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Единица измерения	Величина
Количество ячеек тела	-	500000
Начальная температура топлива	К	300
Начальная температура воздуха	К	450
Скорость подаваемого воздуха	м/с	15
Расход топлива	кг/с	0,005

Граничные условия. Граничные условия на входе воздуха задавались температурой и скоростью течения. Граничные условия на входе топлива задавались массовым расходом и температурой. Стенки как твердые тела. А выход задавался давлением (pressure outlet).

3 Результаты и анализ

В результате проведенного численного моделирования получены контуры температур, скоростей и концентраций топлива.

Температура. В результате расчетов были получены контуры температур при различных углах установки лопаток для закручивания потока. На рисунке 3 представлены контуры температур различных вариантов труб для подачи топлива. Из рисунков отлично видно что при тангенциальной подаче топлива на оси трубы существует область высокой температуры (450 К) которая протягивается до конца трубы. Видно, что с закруткой (тип 3) линия низких температур имеет более широкие формы. А

при установке отверстия топлива перемешивание по температуре происходит еще раньше, практически у устья трубки для подачи топлива.

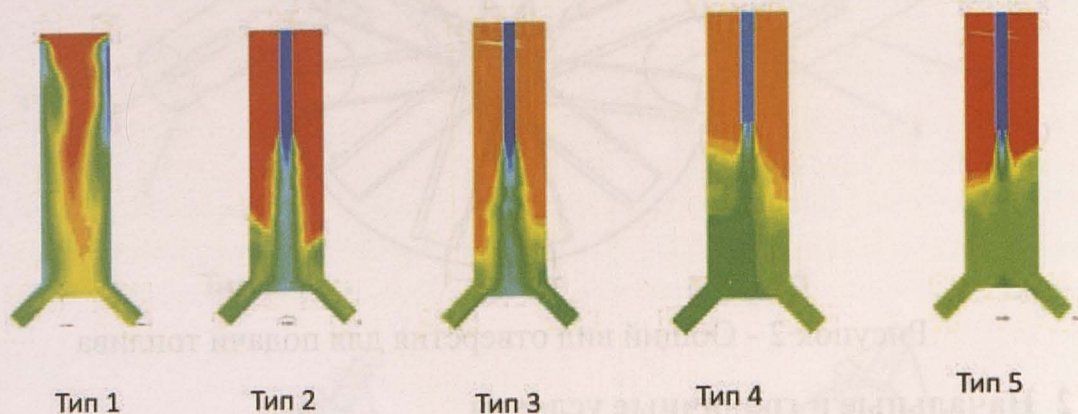


Рисунок 3 - Контуры температур в зависимости от угла расположения лопаток

Скорость. На рисунке 4 представлены контуры осевых скоростей различных типов труб.

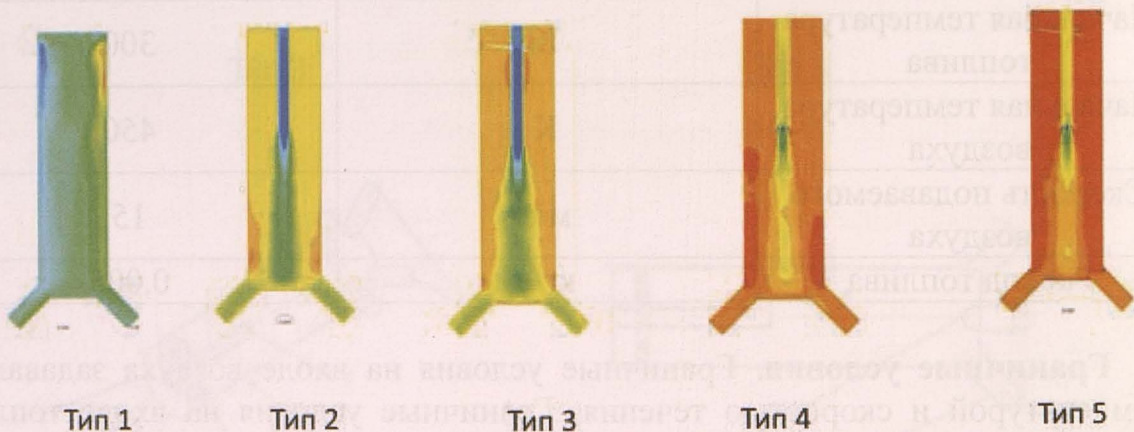


Рисунок 4 - Контуры скоростей в зависимости от угла расположения лопаток

При тангенциальной подаче топлива приведены контуры радиальных скоростей. Желтый цвет - это положительные, а синий - это отрицательные скорости. При подаче топлива и отсутствии закрутки (тип 2) видно, что в зоне перед раздающими патрубками существует зона с обратными течениями, что создает дополнительное сопротивление и снижает скорость течения. При закрутке потока (тип 3) видно, что у основания трубки для подачи газа существует обратное течение. При подаче через отверстия (тип 4,5) видно, что отсутствуют обратные течения.

Концентрации. На рисунке 5 представлены контуры распространения концентрации топлива.

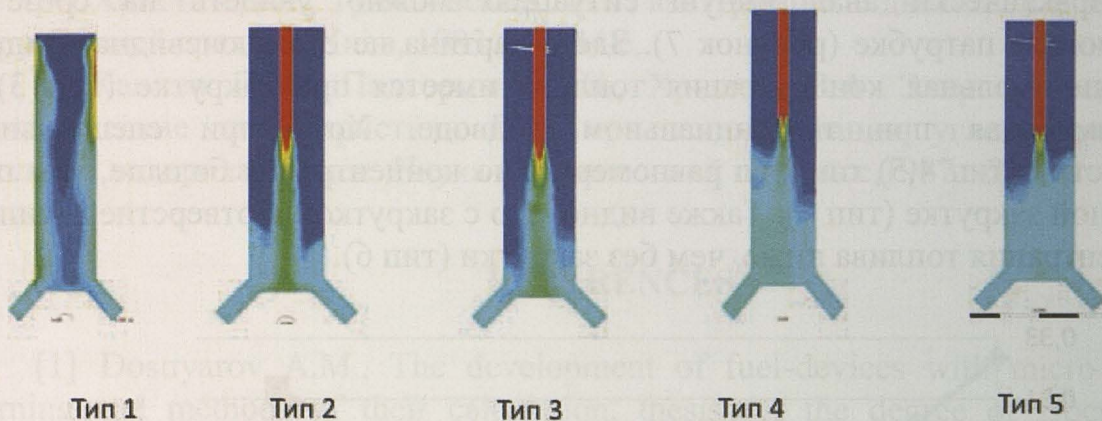


Рисунок 5 - Контуры скоростей в зависимости от угла расположения лопаток

Из рисунка видно, как изменяются течения топлива в зависимости от конструкции труб. При тангенциальном подводе, топливо движется вдоль стенок силой закрутки, придаваемой тангенциальным подводом. Если сравнивать варианты 2,3 видно, что при закрутке топливо имеет более широкий контур. При установке отверстия на трубку для подачи топлива, видно, что топливо смешивается раньше.

На рисунках 6, 7 приведены концентрации топлива вдоль оси трубы и патрубка для раздачи топлива (рисунок 1). На рисунке 6 приведены концентрации топлива на одном и том же срезе на различных типах труб. Из рисунка отчетливо видно, что при тангенциальном подводе, топливо снижается на оси и увеличивается на краях. При 2,3 типах труб топливо имеет высокую концентрацию вдоль оси, хотя при закрутке зависимость более пологая (тип 3). Самые ровные зависимости концентраций видны при распыливании через специальное отверстие. Концентрации равномерны по всему срезу трубы.

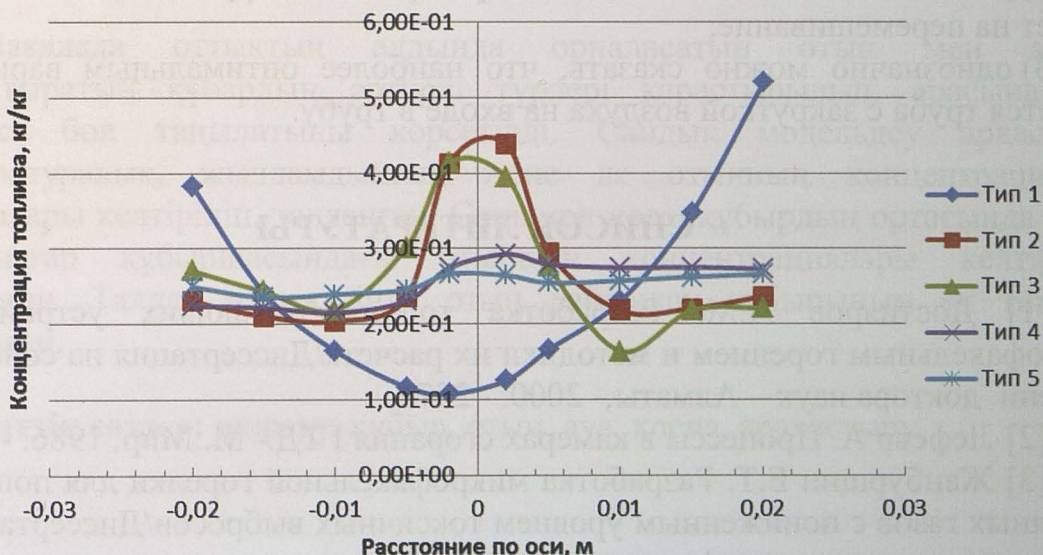


Рисунок 6 - Концентрации топлива на срезе трубки для раздачи топлива

Практически аналогичную ситуацию можно увидеть на срезе в раздающем патрубке (рисунок 7). Здесь картина не столь очевидна. Видно, что минимальная концентрация топлива имеется при закрутке (тип 3) а максимальная при тангенциальном подводе. Хотя при специальном отверстии (тип 4,5) топливо равномерно, но концентрация больше, чем при обычной закрутке (тип 3). Также видно, что с закруткой и отверстием (тип 5) концентрация топлива ниже, чем без закрутки (тип 6).



Рисунок 7 - Концентрации топлива на срезе раздающего патрубка

Заключение

Из результатов проведенного моделирования можно сделать следующие выводы:

- 1) На перемешивание топлива с воздухом сильно влияет наличие закрутки на входе в трубу;
- 2) режим истечения топлива в пространство трубы, также заметно влияет на перемешивание;
- 3) однозначно можно сказать, что наиболее оптимальным вариантом является труба с закруткой воздуха на входе в трубу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Достяров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета/Диссертация на соискание степени доктора наук – Алматы,- 2000. - 237с.
- [2] Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД.- М.:Мир, 1986. - 566 с.
- [3] Жанбуршин Е.Т. Разработка микрофакельной горелки для попутных нефтяных газов с пониженным уровнем токсичных выбросов/Диссертация на соискание степени к.т.н., Алматы – 1993. – 160 с.

[4] Христич В.А., Тумановский А.Г. Газотурбинные двигатели и защита окружающей среды. – Киев, 1983. — 144 с.

[5] Канило П.М., Подгорный А.И., Христич В.А. Энергетические и экологические характеристики ГТД при использовании углеводородных топлив и водорода. - Киев: Наука и технический прогресс, 1987. -224 с.

REFERENCES

[1] Dostiyarov A.M., The development of fuel-devices with micro torch burning and methods of their calculation, thesis for the degree of Doctor of Science, Almaty, 2000, 237p.

[2] Lefebre A. Combustion in gas turbines, Moscow, Mir, 1986, 566p.

[3] Zhanburshin E.T., Development of micro-flame burners for associated petroleum gas with a reduced level of toxic emissions, thesis for the degree of Ph.D., Almaty – 1999, 160 p.

[4] Khristich V.A., Tumanovskiy A.G., Gas turbines and environmental protection, Kiev, 1983, 144p.

[5] Kanilo P.M., Podgorniy A.I., Khristich V.A., Power and ecological characteristics of gas turbines for carbon fuel and hydrogen, Kiev, Science and technological progress, 1987, 224p.

ОТЫН МЕН АУАНЫҢ АРАЛАСУЫ ТУРАЛЫ

А.М. Достияров¹, М.Е. Туманов², Д.Р. Умышев²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ.

²Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Мақалада оттықтың алдында орналасатын отын мен ауаны араластыратын құбардың әртүрлі түрлері қарастырылып, арасынан ең тиімдісі боп таңылатыны көрсетілді. Сандық модельдеу арқасында температуралық, жылдамдықтық және де отынның концентрациялық долбарлары келтіріліп, талданған. Сонымен қоса, құбырдың ортасында және де шығар құбыршасындағы отынның концентрациялары келтіріліп, талданған. Талдау нәтижесінде отын дайындау құбырының ең тиімдісі таңдалған.

Кілттік сөздер: ширату, құбыр, отын, ауа, қоспа, араластыру.

ON FUEL AND AIR MIXING

A.M. Dostiyarov¹, M.E. Tumanov², D.R. Umyshev²

¹L.N. Gumilyov Eurasian Nation University, Astana

²Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Almaty

In this research paper the research results of different types of fuel preparation tubes analysis presented. As the results of investigation, we can show the temperature, velocity and fuel concentration contours. On the basis of temperature contour we were able to analyze the mixing process within mixing tube. And by the velocity contours we were able to see recirculation zones, which has big influence on mixing process. In conclusion, we were able to determine the best type of tube for gas burner.

Keywords: twist, pipe, fuel air mixture, stirring.
