



ISSN 1314-2550

---

# Топлотехника

---

5

**НАЦИОНАЛНО НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО  
(НАЦИОНАЛЕН КОМИТЕТ) ПО ТММ**

**ТОПЛОТЕХНИКА**

ГОДИНА 4, КНИГА 2, 2013

**ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА**

## СЪДЪЖАНИЕ

<b>И. Илиев</b> Въздухонагревател с <del>топлинна</del> <b>тръба</b> за парогенератор ТГМ-96Б с променлива горивна база.....	3
<b>Г. Вълчев, И. Калоянов, В. Рашева, М. Минчев, С. Ташева</b> Енергийна <b>ефективност</b> на учебен корпус 4 на Университета по хранителни технологии.....	7
<b>С. Ташева, З. Хаджева, В. Рашева, Г. Вълчев, Б. Миленков</b> Изследване на хидродинамиката на топлообменник с плаваща глава.....	11
<b>К. Христов</b> Моделиране на енергийната ефективност на комбинирано производство от паротурбинни инсталации.....	16
<b>В. Бобилов, П. Златев, Ж. Колев, П. Мушаков, Г. Генчев</b> Анализ на топлинните загуби на блокова топлофикационна абонатна станция.....	20
<b>Е. Toshkov</b> Build-up of hybrid installation with ground source heat pump and solar collectors.....	24
<b>A. Stoyanov, A. Georgiev, R. Popov</b> Experimental installation for investigation of latent heat accumulator as a part of hybrid system for air-conditioning.....	28
<b>П. Райнов</b> Методика за построяване на спирално оребрена тръба чрез автоматизирана система.....	32
<b>Г. Попов, Б. Костов, К. Климентов</b> Ефективни работни режими при паралелна работа на центробежни помпи.....	36
<b>Г. Попов, Б. Костов, К. Климентов</b> Изследване на енергийно-ефективните работни полета на помпени агрегати.....	40
<b>Д. Ангелов, М. Пенев, К. Друмев</b> Устойчивост на паропреминаване при постоянен режим.....	44
<b>Р. Янков</b> Напречно движение на единична твърда частица в стабилизирани граничен слой на равнинно течение в хоризонтален канал.....	47
<b>В. Обретенков, Ц. Цалов, К. Ангелов</b> Изследване на моделни работни колела за двукратни водни турбини.....	51
<b>В. Обретенков, Цветан Цалов</b> Пелтонова водна турбина за малка ВЕЦ.....	56
<b>И. Ангелов, А. Митов</b> Изследване на динамични процеси в хидравлична система с цифрово управление на изпълнителното устройство.....	60
<b>Д. Стоева, М. Ангелов</b> Моделно изследване на основните параметри на наноструйни течения.....	65
<b>К. Орманджиев, С. Стоянов</b> Експериментално определяне на дебитната характеристика на водна турбина тип банки.....	69
<b>П. Костов, Н. Кръстев, Д. Ангелова</b> Някои изследвания на аеродинамиката на инжектирана ограничена завъртяна струя.....	73

## НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АЕРОДИНАМИКАТА НА ИНЖЕКТИРАНА ОГРАНИЧЕНА ЗАВЪРТЯНА СТРУЯ

Петър КОСТОВ, Невен КРЪСТЕВ, Диана АНГЕЛОВА  
pstkostov@mail.bg, nkrystev@yahoo.com, dia\_angel@mail.bg

Технически Университет – София, Факултет и Колеж – Сливен,  
гр. Сливен, бул. “Бургаско шосе” №59,

### Резюме:

*В настоящата работа експериментално са проведени предварителни изследвания на основните закономерности на аеродинамиката на инжектирана ограничена завъртяна струя, които формират условията за получаване на радиално течение по излъчващата повърхност на плоскопламъчна горелка.*

### Ключови думи:

*Инжектирана ограничена радиална струя, изотермични условия, плоскопламъчна горелка.*

### Въведение

Плоскопламъчните горелки представляват нов клас газогорелочни устройства, които имат съществени експлоатационни предимства пред познатите [1], [2], [3], [4], [5]. Развитие на този клас горивни устройства представляват плоскопламъчните инжекционни горелки, при които завъртяна струя се получава на инжекционен принцип и отпада необходимостта от вентилатори и въздухоразпределителна система [4], [8].

### Формулиране на проблема

Цел на настоящата работа е, експериментално да бъдат проведени предварителни изследвания на основните закономерности на аеродинамиката на ограничената завъртяна струя, които формират условията за получаване на радиално течение по излъчващата повърхност на горелката. Освен това инжекционния начин на формиране, предполага особености, които могат да характеризират „инжекционния“ принцип, като метод за създаване на завъртяна струя.

### Същинска част

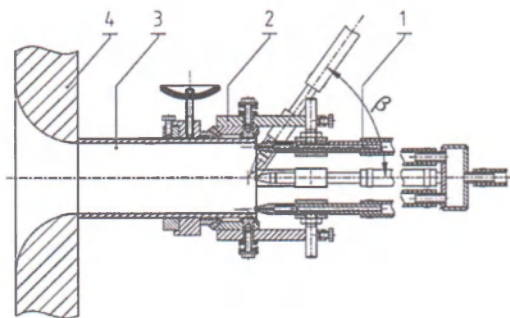
Изследванията са проведени на лабораторния стенд показан на фиг.1. и фиг. 2. Той позволява дюзите от които изтичат газови струи да променят положението си спрямо вътрешната повърхност на смесителя на горелката. С промяна на ъгъла на наклона на дюзите, последователно



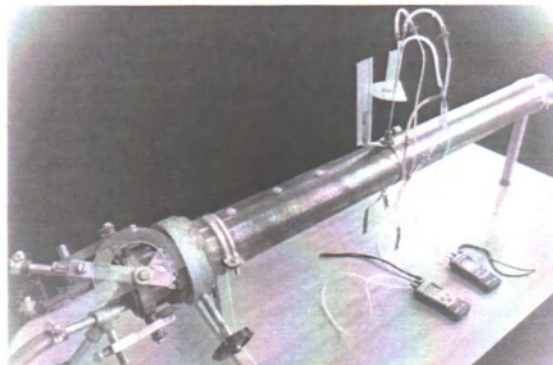
Фиг.1. Плоскопламъчна горелка – лабораторна уредба

формата на горящия факел се променя и преминава в радиална струя. Общата промяна формата на факела е показана на фиг.3. процесите на смесване, горене и догаряне, както и условията за устойчива радиална струя се формират и определят в смесителя, където процесите са чисто физически.

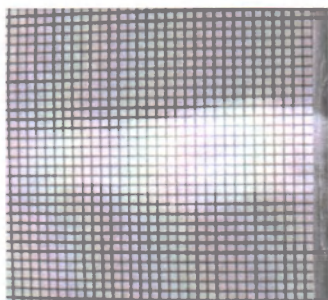




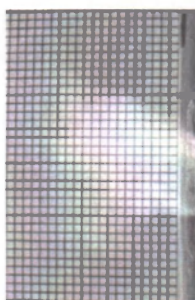
Фиг. 2. Схема на горивното устройство.  
1 – дюзи; 2 – завъртащ апарат;  
3 – смесителна камера; 4 – дифузор.



Фиг.4. Лабораторен стенд за изследване аеродинамиката на инжектирана, ограничена, завъртяна струя, при изотермични условия.



а) правоточна газова струя  $\beta=0^\circ$



б) умерено завъртяна газова струя  $\beta=30^\circ$



в) силно завъртяна газова струя  $\beta=55^\circ$

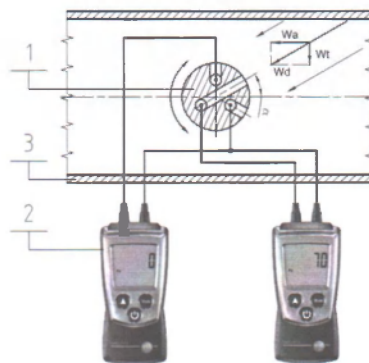
Фиг.3. Промяна формата на факела за различни степени на въртене.

### Методика на изследването

За изследване процесите в смесителната камера е използван стенда показан на фиг.4.

Измерванията са извършени за постоянен дебит на газа и при постоянна температура, за два диаметъра на газовите дюзи, съответно в сечения на разстояния 150, 225, 300, 450 и 600 мм от началото на проточната част на горелката за три положения на дюзите -  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $55^\circ$ . Използвана е методиката описана в [11].

За определяне на големината и направление на действителната скорост е използвана цилиндрична триканална сонда (фиг.5.) [12].



Фиг.5. Схема на измерване големината и посоката на действителната скорост.  
1-цилиндрична триканална сонда;  
2-диференциални манометри;  
3-цилиндричен канал.

Отчитането на големината и посоката на действителната скорост се извършва във всяко сечение по радиуса на смесителната камера.

Завъртените струи се характеризират с три компоненти на действителната скоростта – радиална, тангенциална и аксиална (осова). По литературни данни радиалната компонента на скоростта има относително малък дял (около 4%) и е пренебрегната.

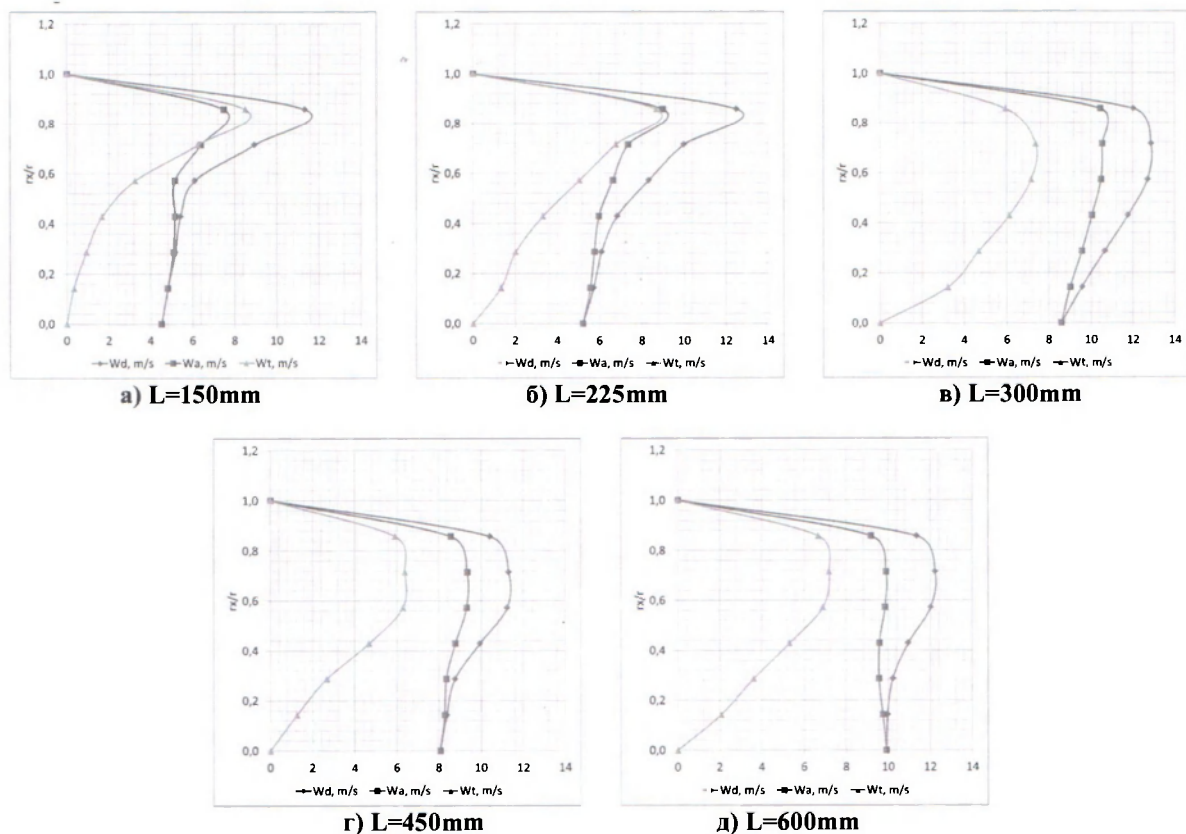
Построени са скоростни профили на действителната, тангенциална и осова компоненти на скоростта (фиг.6.). В настоящата статия са представени част от резултатите. Определена е степента на въртене като отношение на средноинтегралните стойности на тангенциалната към аксиалната компонента на скоростта, за сечението непосредствено след завъртащия апарат. Средноинтегралната стойност на осовата компонента на скоростта е определена като средна по дебита.

**Резултати от изследването**

Проведените изследвания показват следното:

- В смесителя след газовете дюзи се формира завъртяна струя с аксиална и тангенциална компоненти, със съизмерими стойности;
- действителната скорост има напречен профил с изразен пристенен максимум;
- степента на въртене по дължина на смесителя се променя, като резултат на промяната на стойността на тангенциалната компонента, и местоположението на максимума и;

- последваща обработка на експериментално получените скоростни полета ще ни даде възможност да бъдат получени конкретни количествени зависимости относно аеродинамиката на инжектирана завъртяна струя;
- статичното налягане се променя и зависи от ъгъла на наклона на газовете дюзи;
- изменението на наклона на газовете дюзи предизвиква изменение на средноинтегралните стойности на аксиалните компоненти на скоростта;
- изменението на аксиалната компонента на скоростта, при постоянен дебит на газовете дюзи има отношение към масовия коефициент на инжекция, което при неизотермични условия се превръща в експлоатационен и кинетичен фактор;
- инжекционния завъртащ апарат има специфични аеродинамични характеристики и се вмества в аеродинамичната класификация на завъртащите апарати извършена в [11].



Фиг. 6. Графики на скоростни полета при  $\beta=55^\circ$  в различни сечения от началото на смесителната камера, за диаметър на газовете дюзи  $d=0.8\text{mm}$ .  $W_d$  – действителна скорост;  $W_a$  – аксиална скорост;  $W_t$  – тангенциална скорост

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Патент на САЩ № 3262484, 1966
2. Carside J.E., The Combustion of Methane in Diffusion Flames J. of the Inst of Gas Eng. V.6, 1996 № 5
3. Сорока Б.С., Массо- и теплообменные основы рабочего процесса печей косвенного радиационного нагрева, Сборник научных трудов, Киев, Наукова думка 1999 г.
4. Костов П., Ст. Миховски, Н.Д., Плоскопламьна газова горелка, патент №23145/1976
5. Костов П., Н. Кръстев, Д. Ангелова, И. Димитров, Определяне на температурни полета на плоскопламьна горелка. Сборник доклади „XVII Научна конференция с международно участие ЕМФ 2012“ Созопол, 2012г
6. Михеев В. П., Газовое топливо и его сжигание, Недра, 1966 г.
7. Брук Ю. Г., „Сжигание газа в нагревательных печах“, Недра, 1977
8. Костов П., Н. Кръстев, Д. Ангелова, Изследване на инжектирана радиална струя при изотермични условия, ISSN 1314-2550, сп. „Топлотехника“ 3, 2012 г.
9. Костов П., Н. Кръстев, Експериментална уредба за изследване на емисии от азотни оксиди образувани при изгаряне на инжектирани ограничени завъртяни газове струи. Сборник доклади “Наука, техника технологии и образование” Ямбол, 2004г
10. Костов П., Н. Кръстев, И. Димитров, Влияние на режимните и конструктивни параметри на вихрова газова горелка върху основните размери и формата на плосък инжектиран факел, ISSN 1314-2550, сп. „Топлотехника“ 2, 2011 г.
11. Ахмедов Р.Б., Аеродинамика закрученной струи, Энергия, Москва 1977
12. Петунин А.Н., Методы и техника измерений параметров газового потока, Машиностроение, Москва, 1972 г.

**SOME AERODYNAMICS INVESTIGATION OF INJECTED SWIRLED JET IN CONFINED SPACE**

Petar KOSTOV, Neven KRYSTEV, Diana ANGELOVA

**Resume**

*In this work are carried out experimental investigations of fundamental aerodynamics objective laws of injected swirled jet in confined space, which form the conditions for creation of radial jet.*

**Key words**

*Injected radial jet, isothermal conditions, flat flame burners.*