

Аеродинамично изследване на инжектирана завъртяна струя

Петър Костов

Невен Кръстев

Диана Ангелова

Резюме: В настоящата работа са проведени експериментални изследвания върху основните закономерности на аеродинамиката на инжектирана ограничена завъртяна струя, които формират условията за получаване на радиално течение по излъчващата повърхност на плоскопалмъчна горелка. Представени са профили, на действителна, аксиална и тангенциална компоненти на скоростта. Определен е масовия коефициент на инжекция и степента на въртене.

Aerodynamics Investigation Of Injected Whirled Jet

Petar Kostov

Neven Krastev

Diana Angelova

Summary: In this work have carried out experimental investigations of fundamental aerodynamics objective laws of injected whirled jet in confined space, which form the conditions for creation of radial jet. The profiles of actual, tangential and axial velocity are shown. The mass coefficient of injection and the whirling degree are defined.

Увод

Завъртените струи намират широко практическо приложение в горивната техника. Те имат съществени предимства дължащи се на специфичната им аеродинамика [1], [2], [3], [4]. Получаването на завъртяна струя на инжекционен принцип се използва при плоскопалмъчните инжекционни горелки [4], които са сравнително нов клас горивни устройства допълващи познатата класификация [5]. Според нас получаването на радиална струя чрез завъртане на въздушната струя е най-перспективно, поради редица конструктивни и експлоатационни предимства [4]. Явлението на преминаване на завъртяната струя в радиална има принципно значение, като кинетика, при аеродинамичните характеристики на потока, близки до често използваните в горивната техника.

В литературата съществуват данни, че при изотермични условия не е постигната радиална струя [6]. В предходни наши изследвания е установено, че инжектираната завъртяна струя устойчиво преминава в радиална при изотермични условия, което се обуславя от специфичната аеродинамична структура на потока [7].

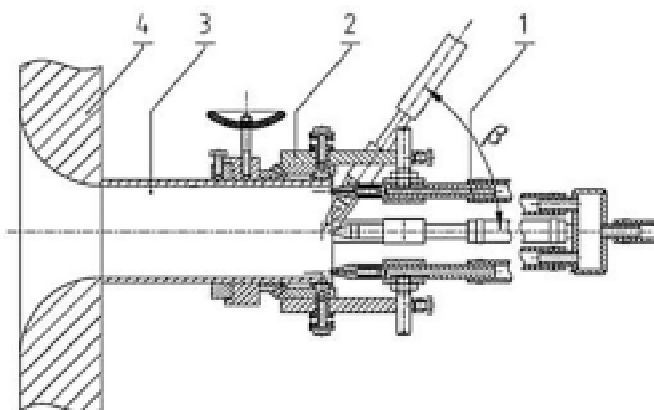
Цел на настоящата работа е, експериментално да бъдат проведени изследвания на основните закономерности на аеродинамиката на инжектирана ограничената завъртяна струя, които формират условията за получаване на радиално течение по излъчващата повърхност на горелката.

Същинска част

Изследванията са проведени на стенда показан на фиг. 1. Принципът на действие е следния (фиг.2): въздух под налягане се инжектира чрез дюзи 1 в смесителната камера 3 под определен ъгъл β като увлича със себе си атмосферен въздух. Дюзите са разположени ососиметрично, в близост до стената на смесителната камера. Чрез завъртащия апарат 2 се променя ъгълът, който сключват с оста на горелката. Така формата на горящия факел преминава от правоточна в радиална струя. Процесите на смесване,



**Фиг.1. Плоскопламъчна горелка –
стенд.**



**Фиг. 2. Плоскопламъчна горелка – схема.
1 – дюзи; 2 – завъртащ апарат;
3 – смесителна камера; 4 – дифузор.**



**Фиг.3. Лабораторен стенд за изследване
аеродинамиката на инжектирана,
ограничена, завъртяна струя, при
изотермични условия.**



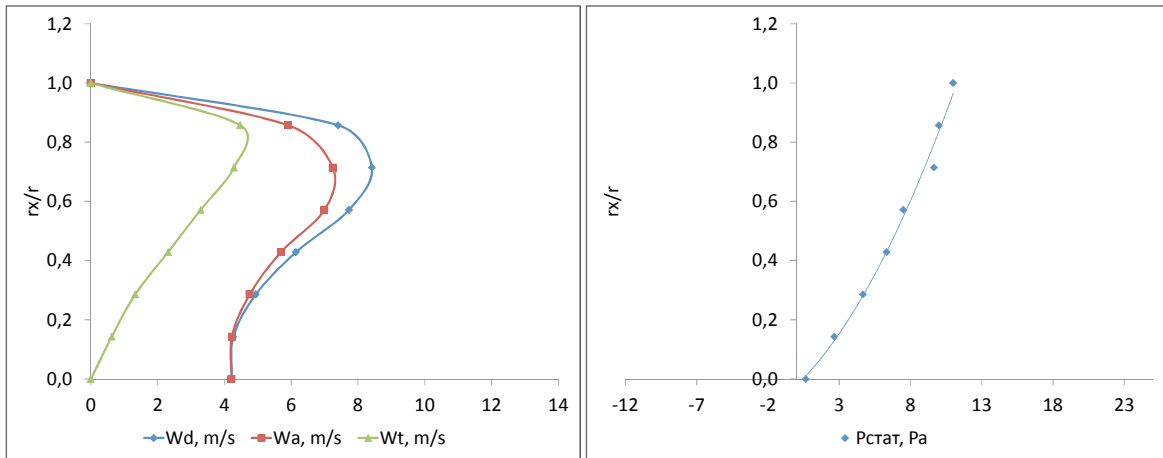
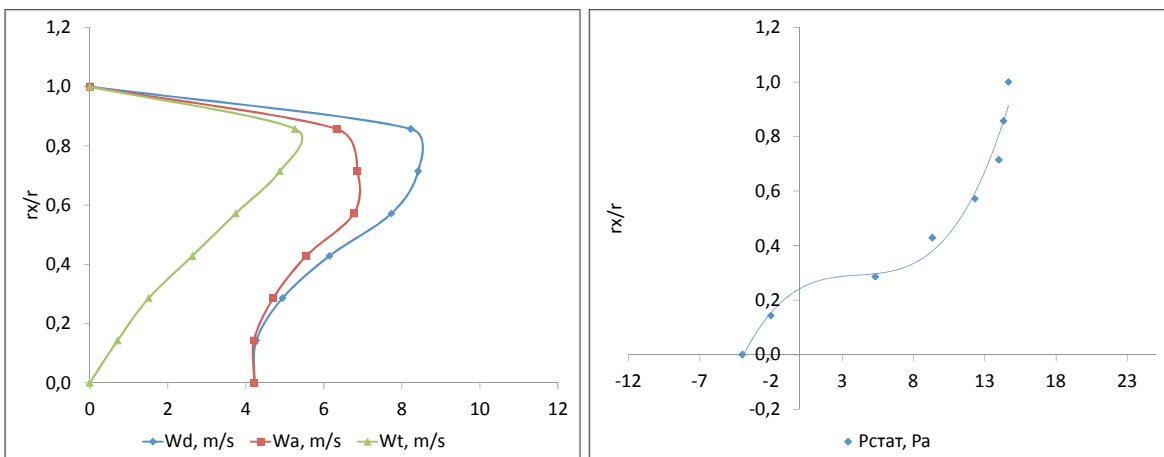
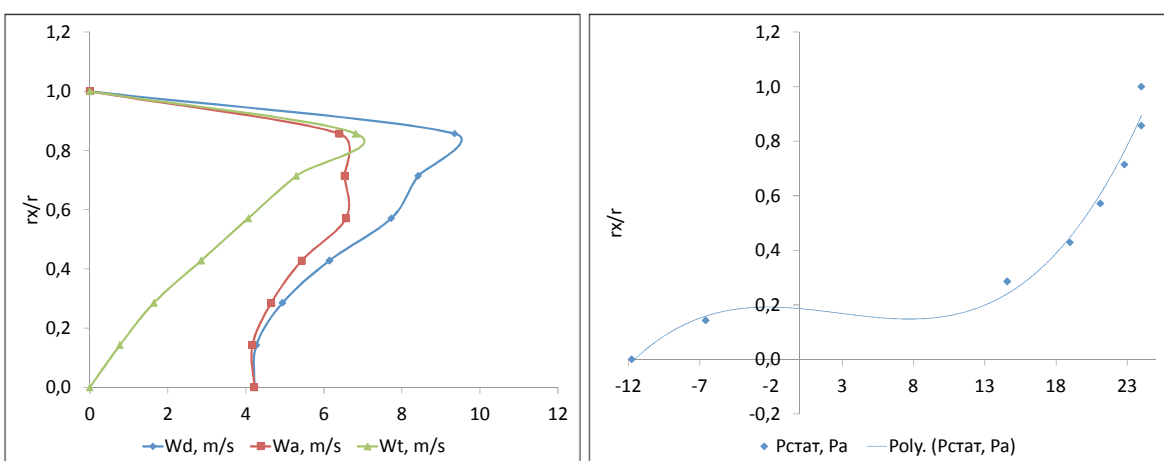
**Фиг.4. Схема на измерване големината
и посоката на действителната скорост.
1-цилиндрична триканална сонда;
2-диференциални манометри;
3-цилиндричен канал.**

горене и догаряне, както и условията за устойчива радиална струя се формират и определят в смесителя, където процесите са чисто физически.

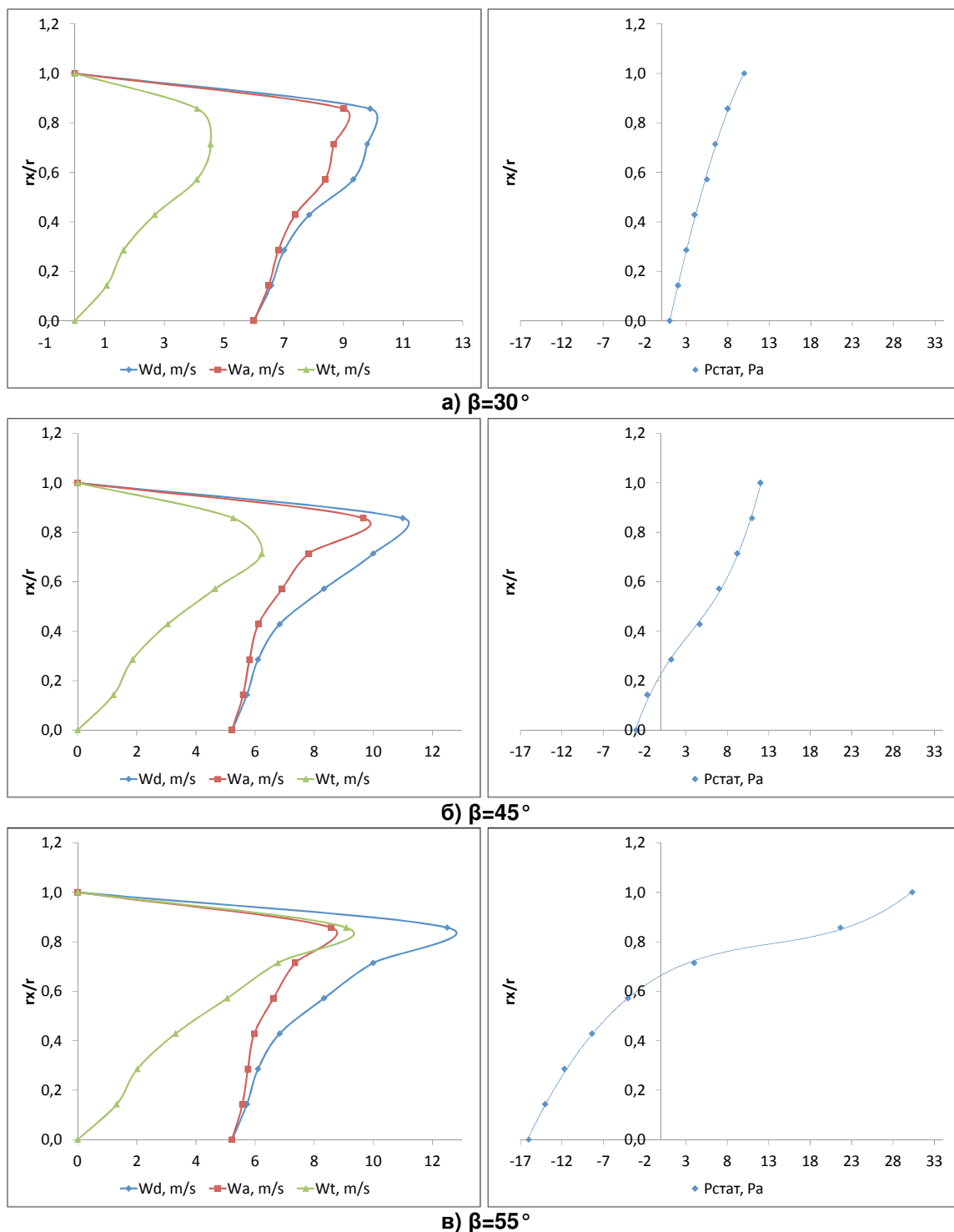
За изследване процесите в проточната камера е използван стенда показан на фиг.3. Всички експерименти са извършени при постоянен дебит на газа и постоянна температура, за два диаметъра на газовите дюзи, съответно в сечения на разстояния 150, 225, 300, 450 и 600 мм от началото на проточната част на горелката за три положения на дюзите - 30°, 45° и 55°. Използвана е методиката описана в [5]. За определяне на големината и направлението на действителната скорост е използвана цилиндрична триканална сонда (фиг.4.) [8]. Отчитането на големината и посоката на скоростта е извършвано във всяко сечение по радиуса на смесителната камера [9]. В процеса на изследването бе установено, че активните струи влияят съществено на отчитането на измерваната действителна скорост.

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

В настоящата статия са представени част от резултатите. Построени са скоростни профили на действителна, тангенциална и аксиална компоненти на скоростта, както и на статичното налягане (фиг.5. и фиг.6.). Представените резултати са за сечение на разстояние 225 мм от началото на смесителя, на което при реални условия се намира

а) $\beta=30^\circ$ б) $\beta=45^\circ$ в) $\beta=55^\circ$

Фиг. 5 Изменение на действителна W_d , тангенциална W_t , аксиална W_a компоненти на скоростта и статичното налягане за различен ъгъл β при $L=225\text{mm}$. Диаметър на газовете дюзи $d=0.6\text{mm}$



Фиг. 6 Изменение на действителна W_d , тангенциална W_t , аксиална компоненти на скоростта и статичното налягане за различен ъгъл β при $L=225\text{mm}$. Диаметър на газовете дюзи $d=0.8\text{mm}$.

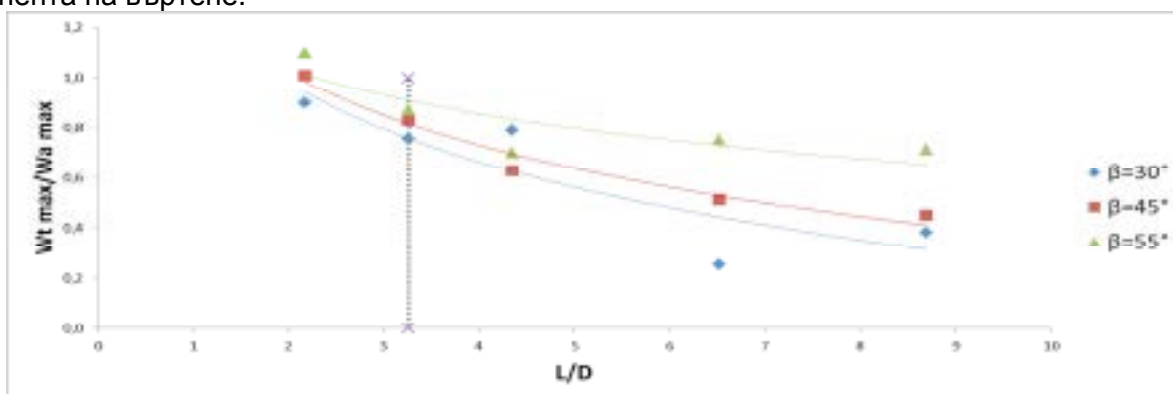
излъчващата повърхност на горелката. От графиките се вижда, че с увеличаване ъгъла на наклона на газовете струи, профила на действителната скорост се променя и при $\beta=55^\circ$ има подчертан пристенен максимум. Статичното налягане е функция на ъгъл β , то нараства от оста към стената на смесителя и по дължината му. С увеличаване на ъгъл β разликата в статичните налягания в приосовата и пристенна област се увеличава, като при $\beta=55^\circ$ по оста има отрицателни стойности.

Една от основните количествени характеристики на завъртяната струя е степента на въртене. С промяна степента на въртене се променя и стойността на тангенциалната компонента, както и положението на максимума и.

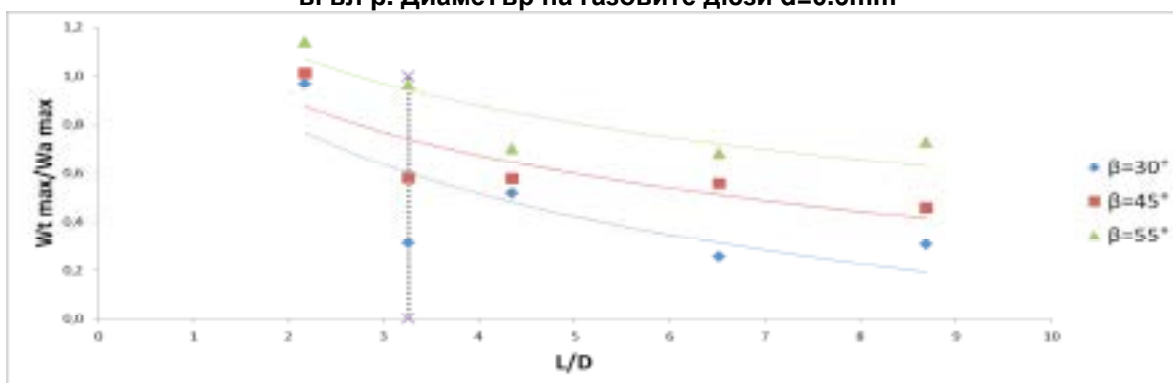
Изменението на степента на въртене във функция от дължината на смесителната камера е показано на фиг.7. и фиг.8. Тук тя е определена по максимални стойности на тангенциална и аксиална компонента на скоростта.

$$S = \frac{Wt_{max}}{Wa_{max}} \quad (1)$$

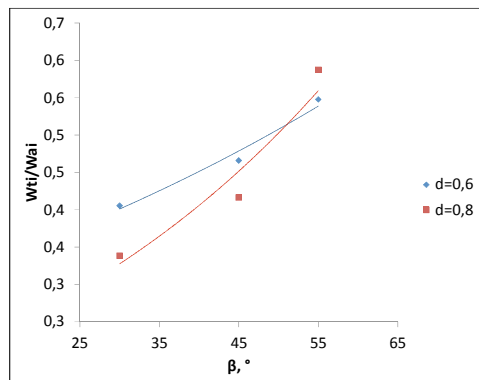
Кривите на изменение имат сходен характер. С нарастване на ъгъл β се увеличава и степента на въртене.



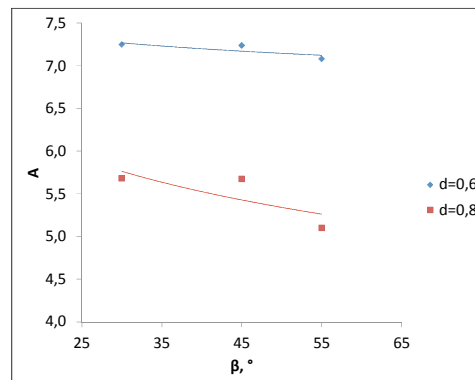
Фиг. 7 Изменение на степента на въртене по дължина на смесителната камера при различен ъгъл β . Диаметър на газовете дюзи $d=0.6\text{mm}$



Фиг.8. Изменение на степента на въртене по дължина на смесителната камера при различен ъгъл β . Диаметър на газовете дюзи $d=0.8\text{mm}$



Фиг.9. Изменение на степента на въртене определена по средноинтегралните стойности на тангенциална и аксиална компоненти на скоростта, във функция от ъгъл β . $L=225\text{mm}$



Фиг.10. Изменение на масовия коефициент на инжекция A във функция от ъгъл β . $L=225\text{mm}$

Определена е степента на въртене като отношение на средноинтегралните стойности на тангенциалната към аксиалната компонента на скоростта (фиг.9.) във функция от β , за $L=225\text{mm}$.

$$S' = \frac{Wt_i}{Wa_i} \quad (2)$$

Дебита е определен по средноинтегралната стойност на осовата компонента на скоростта. На фиг.10. е показано изменението на масовия коефициент на инжекция във функция от β . С увеличаване на степента на въртене стойността му намалява.

Заклучение

Въз основа на проведените експерименти и получените от тях резултати могат да се направят следните изводи:

- с увеличаване на ъгъл β , нараства степента на въртене
- с увеличаване на ъгъл β , максимума на действителната скорост се измества към стената на смесителя, респективно променя се големината и положението на максимума на тангенциалната компонента. По този начин се променя аеродинамичната структура на потока. Според нас тази специфика е предпоставка за устойчив радиален факел в изследвания случай;
- с увеличаване ъгъла на наклона на газовите дюзи β , масовия коефициент на инжекция намалява, което при неизотермични условия се превръща в експлоатационен и кинетичен фактор влияещ върху условията на горене;
- статичното налягане в смесителната камера се променя и зависи от ъгъла на наклона на газовите дюзи. С увеличаването му разликата в статичните налягания в приосовата и пристенна област се увеличава, като при $\beta=55^\circ$ по оста има подчертан минимум.

Литература

- [1] Патент на САЩ №3262484, 1966.
 - [2] J. Carside, The Combustion of Methane in Diffu-sion Flames J. of the Just of Gas Eng. V.6, 1996 № 5, № 5, 1996.
 - [3] Б. Сорока, Массо- и теплообменные основы рабочего процесса печей косвенного радиацион-ного нагрева, Киев: Наукова думка, 1999.
 - [4] П. Костов, Ст. Миховски, Плоскопламъчна газова горелка, патент №23146/1976.
 - [5] Р. Б. Ахмедов, Аэродинамика закрученной струи, Москва: Энергия, 1977.
 - [6] Ю. Г. Брук, Сжигание газа в нагрева-тельных печах, Ленинград: Недра, 1977.
 - [7] Костов П., Н. Кръстев, Д. Ангелова, „Изследване на инжектирана радиална Изследване на инжектирана радиална струя при изотермични условия,“ Топлотехника, том 3, № ISSN 1314-2550, 2012.
 - [8] А. Н. Петунин, Методы и техника измерений параметров газового потока (приемники давления и скоростного напора), Москва: Машиностроение, 1972.
 - [9] Бодурова Д., Карабаджев О., Изследване на аеродинамичните характеристики на вертикален въздушен канал, Студентска научна сесия „Хранителна наука техника и технология” Пловдив, 2007.
- проф. д-р инж. Петър Стефанов Костов, ТУ-София, Факултет и Колеж – Сливен, бул. “Бургаско шосе” 59, GSM: 0895 586 448, e-mail: pstkostov@mail.bg;
доц. д-р инж. Невен Йорданов Кръстев, ТУ-София, Факултет и Колеж – Сливен, бул. “Бургаско шосе” 59, GSM: 0893 691 855, e-mail: NKrystev@yahoo.com;
маг. инж Диана Георгиева Ангелова, ТУ-София, Факултет и Колеж – Сливен, бул. “Бургаско шосе” 59, GSM: 0893 690 770, e-mail: dia_angel@mail.bg.