



Прочистувањето на загадени гасови, кои се јавуваат како продукти на согорување кај технолошките процеси е постапка која треба да се предвиди и спроведе согласно законските прописи и нормативи. Во зависност од процесот чии продукти се, гасовите имаат сложен состав, содржејќи во себе голем број на компоненти, хемиски соединенија, прашина, чад и др., чии концентрации често ги надминуваат дозволените граници.

Со цел да се даде придонес кон решавањето на овој проблем - заштита на човековата средина од индустриски загадувачи - постројки, од типот на котли и останати извори на загадување се предложи оригинална конструкција на Вентури апарат интегриран со плочест топлиноразменувач.

Идејата за интеграција на Вентури апарат со плочест топлиноразменувач гас - гас произлегува од можноста за искористување на топлината на гасовите кои одат на прочистување. При тоа се врши покачување на температурата на гасовите на излез, со што се подобрува расејувањето т.е. избегнува појавата на “тешки гасови”, како негативна страна на оваа група прочистувачи. Конструкцијата е наменета за прочистување од прашина, а со апсорпција се врши прочистување и од некои загадувачки гасови, како  $SO_2$ ,  $NO_x$ .

**ПРЕДМЕТОТ** на истражување во докторската дисертација е дефинирање на струјно - топлинските процеси, релевантните теоретски карактеристики и фактори кои влијаат на ефикасноста на прочистување на гасовите од прашина и преносот на топлина и маса во конструкција од ваков тип.

Во рамките на вака дефинираниот проблем и предмет на истражување, поставена е темелна научна хипотеза: прочистувањето на гасот и неговото загревање на излезот од апаратот зависат од струјно- топлинските процеси во предложената конструкција. Со вака поставената научна хипотеза се очекува дека со проучување на специфичните процеси, ќе се овозможи оптимирање на геометријата, перформансите и карактеристиките на предложената конструкција.



**ЦЕЛТА** на докторската дисертација е теоретско и експериментално истражување на процесите во предложената конструкција со посебен осврт на процесот на пренос на топлина во плочестиот дел и пренос на топлина и маса во Вентури апаратот.

Со изработената докторска дисертација е постигнато:

- Моделирање на преносот на топлина кај плочести топлиноразменувачи, гас-гас при различни режими на работа;
- Моделирање на процесот на прочистување на гасот со вода, во Вентури апаратот, при различни режими на работа;
- Решавање на моделите, изработка на програмски решенија и програмски пакет и добивање на база на податоци;
- Експериментални истражувања при различни режими на работа и различни параметри на влијателните големини и добивање на база на податоци;
- Проучување на процесите со примена на CFD техниката и добивање на база на податоци;
- Споредба и анализа на теоретските поставки и математичките модели, со експерименталните резултати и CFD техниката.

Дисертацијата ја сочинуваат вкупно шест глави.

Во рамките на поставениот предмет на истражување произлегоа неколку воведни интегративни целини, дадени во **ПРВАТА ГЛАВА**: осврт на особености и карактеристики на плочести топлиноразменувачи; осврт на особености и карактеристики на Вентури скраберски постројки; опис со принцип на работа на предложен едно и повеќеканален модуларен Вентури апарат интегриран со плочест топлиноразменувач.

Во **ВТОРАТА ГЛАВА** се дадени математичките модели на процесите на пренос на топлина и маса и прочистувањето во топлиноразменувачот и во Вентури апаратот, при различни режими на работа. Изработени се програмски решенија со нумерички пресметки. Изработен е програмски пакет.

Комплетноста и точноста на истражувања од ваков тип беа условени од експерименталните истражувања спроведени според следната методологија: изведба на елементи за експериментален модел и поставување на експериментална постројка; комплетирање на мерна опрема и дефинирање на мерни места; експериментални истражувања по фази при различни режими на работа и при



различни вредности на влијателните големини. Овие истражувања и добиените резултати се сместени во **ТРЕТАТА ГЛАВА**.

Во **ЧЕТВРТАТА ГЛАВА** даден е опис на примената на CFD техниката, т.е. направена е адаптација на софтверскиот пакет ANSYS за услови на истражуваната конструкција.

Верификацијата на теоретските поставки и математичките модели, со анализа и споредба со експерименталните резултати, како и примената на CFD техниката, се елаборирани во **ПЕТАТА ГЛАВА**.

На крајот е изложен **ЗАКЛУЧОКОТ** на дисертацијата во кој се обединети заклучоците од претходните глави и се изложени насоки на понатамошни истражувања.

Со тоа е заокружена една целина во која е дадена постапката за истражување на предложената конструкција.

Научниот придонес на докторската дисертација се согледува во поставувањето на нова постројка за прочистување на загадени гасови од прашина. Со направените проучувања се потврдува оправданоста на поставената конструкција од повеќе аспекти: постигнато е ефикасно прочистување при мали загуби на притисок и при релативно мала потрошувачка на вода, постигнато е покачување на температурата на прочистените гасови на излез.



На Техничкиот факултет - Битола, со некој континуитет на работа веќе повеќе од десет години, работи истражувачки тим на полето на предметната проблематика, што резултира со завршени два научно истражувачки проекти, трудови, елаборати, [1-13].

Заради специфичноста на предложената конструкција која е составена од плочест дел и Вентури апарат, направен е преглед на состојбата со моментални сознанија од повеќе аспекти.

За **плочестиот дел** од модулот истражувана е литература од областа на плочестите топлиноразменувачи. Во [14-21], наведени се предностите на плочестите топлиноразменувачи споредено со останатите типови. Тие се компактни, со помали димензии, ефективни, што е особено важно во интегрираната конструкција од предложениот тип.

Процесите на пренос на топлина, при дводимензионално, повеќе фазно, повеќе компонентно струење со или без промена на фаза, во канал формиран од паралелни плочи, со дефиниран променлив напречен пресек, се истражувани во литературата,



[18, 34, 35]. Решавањето на системите нелинеарни парцијални диференцијални равенки, како Navier – Stokes-овите, Euler-овите р-ки, се предмет на истражување во инженерската нумеричка математика [35-37], [url62, 64, 67]. Тоа се сложени системи, за чие решавање е потребно правилно дефинирање на граничните услови, потребни упростувања. Во денешни услови со примена на апликативните софтвери и нумеричката математика, проблемите при нивно решавање полесно се надминуваат, [38-41]. Со примена на CFD техниката т.е. со користење на софтверските пакети наменети за решавање на проблемите од областа на струјно - топлинските процеси е овозможено подетално проучување на процесите во плочестите топлиноразменувачи [22-26]. Во [27-31] се дадени теоретските основи за оваа област врз која се и надградени самите софтвери, [23, 32, 33].

Во [27, 28, 36, 37] приложени се применети техники и нумеричките методи за решавање на поставените математички модели, од типот на ADI (Alternating Direct Implicit Method), TDMA (Tridiagonal Matrix Algorithm Method) методата, Runge-Kuta од 4 ред, методот на конечни разлики, елементи.

Интересот за работа врз проблематиката на струјно топлинските процеси во плочести топлиноразменувачи е актуелен, што се потврдува и со изработка на Докторски дисертации и проекти на повеќе научни институции во Светот, [url5, 10, 75].

Со истражување на литературата од областа на плочестите топлиноразменувачи за решавање на проблемот во докторската дисертација, се овозможи оптимирање на димензиите односи на плочестиот дел од модулот, во насока на зголемување на преминот на топлина. Однесувањето на гасот во плочестиот дел од модулот при различни услови на струење е разработено со примена на теоријата [28, 31, 36, 42].

Во докторската дисертација, **Вентури апаратот** е главен дел на модулот во кој се остварува процесот на прочистување на загадените гасови.

Процесите на прочистување на загадени гасови со бризгање на вода во грлото на Вентури апаратот се предмет на истражување во [43-46], прочистувањето на загадени гасови од прашина, во [47-49] и формирањето, движењето, димензиите на водените капки, во [9-12].

Од интерес се механизмите на прочистување во Вентури канал со правоаголен напречен пресек, што е модификација на класичните облици, [4, 24-26]. Во [url57] дадени се податоци од експериментални истражувања за однесувањето на Вентури апарат со правоаголен напречен пресек, димензиите на формираните капки при



распрскувањето на водата како и ефикасноста на прочистување од честичките прашина. Механизмите на прочистување на гасот од прашина и штетни гасови, се дадени во [url27]. Аеродинамичкото однесување на честичките прашина, нивната дисперзија во зависност од изворот на загадување, однесувањето при прочистување во Вентури скрабери и останати уреди се предмет на истражување во [url73, 74]. Местото на вбризување на водата во грлото на Вентури каналот е исто така истражувано во [url58] со оптимирање на димензионите односи на Вентури апаратот како и со струјните параметри на гасот и водата. Нови облици и модификации на грлото на Вентури апаратот се предмет на истражувања на водечките светски фирми од областа на прочистување, Alfa Lavel, Croll, Envirocare, EPA. Со поставување на серија Вентури скрабери односно со мултиплицирање на нивниот број, се постигнуваат поголеми ефекти при процесот на прочистување од загадувачки гасови како SO<sub>2</sub>, [url45].

Предноста на Вентури скраберите за прочистување од експлозивна прашина и осетливи гасови се истакнува во [url56]. Надминувањето на недостатоците на Вентури скраберите од аспект на загадување на применетата вода во процесот, со нејзина дислокација, третирање, се предмет на истражување во [url.58]. Исто така најчесто цитираните недостатоци на Вентури скарберите, појавата на тешки гасови во околината на изворот на загадување, се предмет на истражување во [url30].

Во докторската дисертација покрај теоретските истражувања користени се и **експериментални истражувања**.

При експерименталните истражувања по фази, користени се класични методи за мерење на струјно топлинските големини во дефинирани мерни места и познати процедури со користење на софистицирани мерни инструменти, [2-4, 6].

При тоа направени се потребни конструктивни зафати и прилагодувања на испитната постројка по фази на истражување.

■

Во истражувањата во докторската дисертација применета е **CFD техниката**.

Со преглед на литературата која се однесува на решавање на проблемите при струјно-топлинските процеси кои се случуваат во предложената конструкција, со помош на CFD , констатиран е висок степен на сознанија и интерес за работа , [35, 50-52].



Бројот на софтверски пакети кои се занимаваат со проучување на ваквите процеси, расте со паралелно усовршување на вградените кодови. На INTERNET страниците даден е преглед на софтвери кои се користат во оваа област, преку демо верзии, туторијали.

За истражувањата во рамките на оваа дисертација користен е ANSYS FLOTTRAN 2D/3D софтверот, [53-55, 57]. Во последните години поставени се неколку верзии: 5.4 (1997-2002), 6.1 (2002-2004), 9 (2004) и 11 (2007). Во сите верзии интерактивниот дел базира на ист принцип на користење.

За нумеричко решавање на струјно-топлинските процеси проучувани се можностите што ги имаат останати апликативни софтвери, MATLAB, FEMLAB, FLUENT, NISA [35, 38].

При изборот на софтверот ограничувачки фактор сеуште е нивната висока цена и потребата од моќни процесори. Од таа причина развиен е сопствен математички модел и софтверски пакет кој овозможува пресметка на процесите во модулот со задоволителна точност. Развиениот софтверски пакет бара помала меморија од професионалите софтверски пакети. Неговата точност е проверена експериментално а одредени пресметки се споредени и со програмскиот пакет ANSYS.

■

За програмско решавање на моделот користен е VBA програмски јазик за Excel /Microsoft Office, [63]. Истиот базира на Fortran-ски процедури со промена на синтаксата. Во литературата се среќаваат изворни кодови запишани во Fortran-ски јазик кои се однесуваат на познати и сложени примери за струјно - топлински процеси, [39, 41, 56].

■

За дефинирање и цртање на физичкиот модел на конструкцијата користени се комерцијалните софтвери, AUTO CAD и SOLID WORKS 2004/2007.