

Чистата животна средина и еколошките проблеми воопшто, е проблематика што сè почесто е присутна и сè погласно се слуша и на нашите простори.

Горното е прифатено врз примерите од Западна Европа, Америка и останатиот високо развиен свет, но не како моден тренд, туку како насušна животна потреба за сегашните и идни генерации.

Егзистенцијата на човекот и живиот свет воопшто, без сомнение е поврзана со здрава околна средина. Со активности исто така поврзани со егзистенцијалните потреби, човекот пред сè, ги менува односите во истата таа околна средина и не ретко ја нарушува до степен на сопствена загрозеност.

Загадувањето на атмосферата, водите и почвата, со најразлични загадувачки материи, внесени од активностите на човекот, по било која основа, се состојби со кои современиот свет секојдневно се соочува. Ефектите од ваквите загадувања се експанзија на болести кај живиот свет, мутација, па и потполно истребување на поодделни животни форми на одредени локалитети, промена на структурата на живиот свет во одредени локалитети до полна препознатливост, експанзија на болести и смалување на нивото на здравствената состојба кај локалното население, и.т.н., и.т.н.

Благосостојбата на населението од поодделни земји, се изразува преку големината на нивниот општествен производ, а тоа, пак, е неминовно поврзано со индустрискиот развој на земјата.

Од своја страна, индустрискиот развој и високоефективната продукција на материјални добра, често пати продуцираат и такви нарушувања на околната средина, што експлицитно се одразуваат како алармантни.

Современите земји во светот се наоѓаат во една парадоксална ситуација, кога индустрискиот развој на земјата ја детерминира благосостојбата на населението, а истиот пак тој индустриски развој продуцира алармантни состојби, до степен на загрозеност на истото тоа население.

Ваквите парадоксални ситуации, практика е да се решаваат со обиди за повремено балансирање на односите во индустрискиот развој на земјата и критериумите во неа, кои се поставуваат за заштита на околината, во облик на стандарди, законски прописи, препораки, и.т.н.



Во ваков контекст може да се разгледува и перманентното заострување на законските прописи во повеќе земји, на полето на заштита од загадување на воздухот.

Како еден од елементите на еколошкиот ланец, загадувањето на воздухот, посебно во области каде тоа човекот го интензивира, се повеќе ќе биде следено, контролирано и законски санкционирано.

Во нашата средина, загадувањето на воздухот е исто така горлив проблем, уште повеќе од фактот за слабата опременост со уреди, апарати и постројки за прочистување на загадени гасови, на што дополнителна димензија му дава, тешката економска исцрпеност на стопанството, како и на земјата воопшто.

Законската регулатива во нашата држава, на полето на заштитата на воздухот од загадување, е од времето на поранешната федерална држава [Л.104, 105, 106, и др.], а воедно, за односната проблематика, во сила беа и сојузни закони. Покрај тоа, постоеја и бројни иницијативи за доизградување на законската регулатива, во смисла на компатибилност на истата, пред сè, со современите трендови на соодветната законска регулатива од европскиот простор. Како најзначајна, може да се спомене работата на Сојузот на друштвата за чистота на воздухот во Југославија ( СДЧВЈ ), откаде во облик на предлози, препораки и сл., произлезе обемен материјал, во однос на бројни аспекти од односната проблематика [Л.122, 123, 124, 125, и многу други], кои беа подготвувани во облик, да можат да влезат во процедура и да бидат донесувани како законска регулатива.

Распаѓањето на федералната држава, донесе застој на полето на горната проблематика, меѓутоа, Македонија, сега како самостојна држава, ќе мора, а и ќе донесе интегрален закон, кој ќе ги регулира сите отворени прашања и на полето на заштитата од загадување на воздухот на сопствената територија.

Иако, постоечката, наследена законска регулатива, не е толерантна, во однос на загадувањето на воздухот, скоро сигурно е дека, дополнувањето на законската регулатива на Република Македонија, во смисла на заострување на законските прописи кои ја регулираат оваа проблематика, и нивно доближување кон европските и светските нормативи, дополнително ќе наметне низа проблеми, како на редица стопански субјекти, кои со постоечката опрема не се во можност да ги задоволуваат и постоечките законските прописи, така и на производителите на опрема за прочистување на загадени гасови, а во склоп на тоа и на чадни гасови со чија опрема не можат да бидат задоволени ни постоечките законски прописи.

Горното пак од своја страна налага и потреба од поефикасни постројки и системи за прочистување на излезните гасови, при различните индустриски процеси и операции.

Изгорувањето на горивата, е еден од најексплоатираниите начини за добивање на топлинска енергија, а излезните гасови од ваквите процеси, како што е и понапред нагласено, се едни од најраспространетите загадувачки материји во воздухот. На полето на загадувањето на атмосферата, рангирајќи ги по значење, загадувањето од продукти на изгорување на гасовити, течни и тврди горива, убедливо е најзначајно. Адекватно на потрошувачката на горива е и загадувањето на атмосферата, при нивно изгорување, во различни



термотехнички и термоенергетски постројки. Изгорувањето на тврди горива, посебно слабоквалитетни јаглени, кои воедно и најмногу ги има ( и во нашата средина ), а воедно и најмногу се користат, предизвикуваат и најголеми проблеми со загадувањето на атмосферата. Поврзувајќи се на фактот дека загадувањето на атмосферата е во директна корелација со потрошувачката на горива, а адекватно и со потрошувачката на тврди горива, мора да се напомене и тоа, дека при изгорување на слабоквалитетни јаглени, загадувањето е поголемо, отколку при изгорување на висококвалитетни јаглени.

За посебно одбележување е фактот што при изгорување на нискоквалитетни јаглени, емисијата на прашина е значително поголема, а со тоа и загадувањето на атмосферата, како и околниот простор воопшто, со оглед дека емитираниот прав се таложи врз тлото, а потоа, со промивање од атмосферските врнежи се внесува во почвата, подземните води, и.т.н. Во споредба со другите, при изгорување на тврди горива, а посебно на нискоквалитетни јаглени, присуството на тврди честички, или прав, во емисијата на чадните гасови, се јавува и само за себе, како посебен проблем, во општата проблематика на прочистување на загадени гасови.

Со оглед на тоа, потребата од ефикасни апарати, уреди и постројки за прочистување на загадени отпадни гасови од различни загадувачи, а посебно од постројки за изгорување на тврди горива, и денес е , а ќе биде уште повеќе, актуелна тема како за инженерскиот, така и за научноистражувачкиот кадар.

Ефикасноста, инвестиционите и експлоатационите карактеристики на апаратите, уредите и постројките за прочистување на чадни гасови, во зависност од видот на употребуваното гориво, капацитетот и режимите на работата на постројката кон која се приклучени, и понатаму ќе биде од посебен интерес за инженерскиот и научноистражувачкиот кадар, кој се занимава со оваа проблематика.

Воедно, ефикасноста на апаратите, уредите и постројките за прочистување на чадни гасови е основен предуслов за нивна примена и користење. Меѓутоа, инвестиционите вложувања и експлоатационите трошоци се јавуваат како лимитирачки фактори при нивниот избор и нивната примена. Само апарати, уреди и постројки со избалансиран однос на ефикасноста во корелација со инвестиционите вложувања и експлоатационите трошоци, можат да се појават и да бидат конкурентни на слободниот пазар и можат да најдат поширока примена.

Спречувањето загадувачките материи да се внесат во слободна атмосфера решава низа проблеми, но потполно спречување со оглед на сегашниот степен на техничко-технолошки развој, е неможен.

Проблематиката за *прочистување на загадени гасови* а во склоп на тоа и за прочистување на продукти од изгорување на тврди горива, не е нова и има бројни теоретски трудови, истражувања и практични решенија, презентирани во постоечката литература од оваа област.

Основните принципи, карактеристични за делувањето на различни механизми, при кои се одвиваат процесите на прочистување на загадени гасови, разработувани се од повеќе автори.

Редица проблеми се решаваат и се решени на задоволително ниво, но полето за работа врз оваа проблематика е широко отворено, како за теоретски проблеми, така и за практични изведбени решенија.



Како еден од можните начини за решавање на наведената проблематика, е проценето дека прочистувањето на чадни гасови на база на промивање со вода, би можело да даде позитивни резултати, што не е непознато во светот.

Едноставноста на конструкциите, релативно ниската цена на чинење, како и експлоатационите погодности, во многу случаи го оправдуваат користењето на уреди и постројки за прочистување на загадени гасови на база на промивање со вода, т.н. скрабери.

Недостатокот, или недостапноста на податоци и показатели, посебно во однос на фундаменталите функционални големини, односи и релации, се ограничувачки фактори на евентуалните можности за производство и поширока примена на вакви постројки, посебно во нашата средина.

Врз основа на досега изложеното, може да се констатира дека *потребата* од научно-истражувачки ангажман во областа на прочистување на загадени гасови е евидентна и е во директна корелација со позитивните трендови за зачувувањето на околната средина, во целиот свет, а посебно во најразвиените земји. Во контекст на тоа и изработката на оваа дисертација, се надевам, ќе си го најде местото во општите напори кои се вложуваат за чиста и здрава околина.

*Тезата* на дисертацијата глобално е формулирана со самиот наслов, како - *термо-хидраулични и конструктивни аспекти на скрабер*. При директен контакт на гас со вода се реализираат повеќе процеси кои зависат од редица влијателни фактори, параметри и големини, а дополнителна димензија на многу комплексна проблематика му дава истовременото одвивање на сите тие процеси со меѓусебни влијанија и интерактивни врски помеѓу нив. Наиме, во скраберската постројка се реализираат процеси на влажење или сушење на гасот, апсорпција на компоненти од гасната смеша во водата и прочистување на гасот од прашина, при што се одвиваат и хемиски реакции. При тоа, за самите процеси во скраберската постројка *постои* едновремено интерактивно влијание на термо-хидрауличните параметри и големини на гасот и водата, кои се потенцирани, или лимитирани од конструктивните решенија и изведбата на скраберската постројка, што во дисертацијата и се покажува.

Надоврзувајќи се на претходното, како *цели* при изработката на дисертацијата се поставија :

- теоретски проучувањата и истражувања на поодделните процеси кои се одвиваат и нивното интерактивно делување и влијание во целината на интегралниот процес, кој реално се одвива во скраберската постројка. Воедно, во контекст на претходното, покрај математичките описи на поодделните процеси, како една од целите при проучувањата, се постави и синтезата на математичките описи на поодделните процеси во единствен комплексен математички модел, со кој се опишува интегралниот процес во скраберската постројка :

- експериментални истражувања на глобалните влијателни параметри врз интегралниот процес кој реално се одвива во скраберската постројка.

Предметната проблематика од *областа на прочистување на загадени гасови*, а посебно на потесното подрачје на *прочистување на загадени гасови врз база на промивање со вода*, е доста комплексна и е од мултидисциплинарен карактер. Наиме, предметната проблематика е поврзана со научните



дисциплини, во кои се изучуваат основните физички процеси, кои реално се одвиваат во скраберска постројка, како *термодинамика* ( процеси на пренос на маса и топлина ), *хидромеханика* ( движење на гасот и водата ), *физика на макро честички* ( однесување на честички од прашина при различни услови ), *хемија* ( апсорпција на гасни компоненти во вода, хемиски реакции, разблажени раствори ). Голем дел од наведената проблематика е проучуван во поодделните научни дисциплини, но претежно како изолирани процеси, во области на интерес од соодветните подрачја. За истото има, како бројни теоретски трудови, така и експериментален материјал.

При изработката на дисертацијата, проучувана е литературата од поодделните области и истата е цитирана во материјалот. За нивото на сознанија во поодделните области може да се набележи дека теоријата на испарување на течности е доста разработувана, а посебни достигнувања има во истражувањата за изгорување на течни горива ( Ленгмјур, Фуш и др. ). Доста истражувања и трудови и се посветени на проблематиката на ладење со испарување, обработка на воздух со бризгање на вода и воопшто, проблематиката на процеси со влажен воздух. За горното, од редица автори има завиден, како по квалитет, така и по обем, теоретски и експериментален материјал ( Берман, Гоголин, Карпис, Кокорин... ). Проблематиката на разбризгување на вода и во општ случај на течности е доста разработувана, така што покрај теоретски, има и обемен експериментален материјал [Л.9, 10, 18, 19, 30, 44, 45, 58, 62, 68, 70, 84, 90, 114, 115, 124, 129, ...]. Од повеќе автори предложени се редица функционални зависимости за дефинирање на средниот дијаметар на капките ( Блох, Кичкина, Турнер, Маултон, Теит, Маршал, Боровков, Маирановски... ), а со експериментални истражувања на Стефанов и Кокорин [Л.68], се покажува дека во дисперзниот состав на разбризганите водени капки се сретнуваат и капки со многу помал дијаметар од добиените при примарен распад на воден слој кој истекува од бризгалка. Како  $f$ -ии на распределба на дисперзен состав на капки од разбризгана течност се предлагаат функционални зависимости добиени врз теоретска и експериментална основа ( Колмогоров, Треш, Головков, Розин-Рамлер, Шифрин, Вискс и Даклер, Никајама,Танасава, Баземан-Шварц, Братута....). Движењето на водените капки е доста разработувано, а коефициентите на отпор при движење на водена капка во струја на гас, разгледувани се од повеќе автори ( Адамович, Бауер и Мјуз, Розенбаум и Тодес, Чен и Тризек, и.т.н.). Преносот на маса и топлина помеѓу водени капки и гас е доста истражуван и разработуван, така што во литературата се сретнуваат маса трудови во кои се предлагаат голем број на функционални зависимости, од најпрост облик до повеќе параметарски (Фреслинг, Берман, Ликов, Галовеј и Сејд, Меизел и Шервуд, Боровков, Маирановски, ...). Процесите на пренос на маса и топлина при користење на влажна исполна од различен вид, разработувани се најповеќе за примена кај ладилни кули, а разработувани се и хидрауличните карактеристики на исполната ( Меркел, Берман, Кокорин... ). Воедно се сретнуваат и истражувања за преносот на маса и топлина, како и карактеристики на хидрауличните големини за исполна од "рашигови прстени" при користење на истата кај контактни апарати, при што најповеќе се користени податоци од истражувањата на Гоголин [Л.6, 10, 123, 137,...].



Процесите на апсорпција се разгледувани према [Л.13, 25, 28, 57, 88, 100, 108, 138...]. Прочистувањето на загадени гасови од прашина во постоечката литература е третирано како посебна област и за истото има бројни истражувања и трудови, а воедно во оваа област се користат и истражувања поврзани со теоријата на макро честички. (Адам, Зимон, Хаикин, Ушаков, Озен, Фукс, Дерјагин, Штраус, Соу, Спурни, Калверт, Пирумов, ...). Во земјите со изострени критериуми, во однос на контролата на загадувањето од отпадните гасови, стандардизирана е опремата за мерење, материјалите и елементите од кои таа се изработува, како и процедурите на мерење, обработка и презентирање на податоците и резултатите [Л.51, 52, 53, 54, ...]. Во литературата се сретнуваат повеќе математички модели за процеси кои се одвиваат и во скраберски постројки. Меѓутоа, тие се однесуваат претежно за еден вид, т.е. за изолиран физички процес. Така, во литературата се презентирани основи за моделирање или, пак, модели за ладење со испарување на течност - ладилни кули, бризгални базени, влажилни комори, и.т.н. [Л.18, 19, 34, 43, 101, 102, 103, 127, 133, 155, ...], за процеси на апсорпција [Л.13, 57, 132...], за прочистување од прашина при директен контакт со вода [Л.8, 19, 57, 98...], за струење на гас загаден со прашина [Л.20, 38, 95, 119, 134...]. За пресметка на параметрите на водата и параметрите на компонентите од гасната смеша користени се податоци и зависимости наведени во литературата [Л.1, 75, 83, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 126, 127, 128, 129, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, ...].

Зад едноставноста на основниот принцип на работа на скраберска постројка - *прочистување на загаден гас при контакт со вода*, се кријат исклучително сложени механизми, по кои тој се одвива. Во основа, при директен контакт на загаден гас со вода, се одвиваат процеси на пренос на маса и топлина помеѓу гасот и водата, при што во зависност од локалните услови во кои се одвиваат процесите, се реализира ладење, при влажење или сушење на гасот, апсорпција на гасни компоненти во водата, а потоа и хемиски реакции со градење на хемиски соединенија, како и пренос на маса и топлина, помеѓу прашината од гасот и водата.

Во трудот се разгледувани и анализирани сите наведени процеси, со исклучок на хемиските реакции, од причини што се работи за многу разблажени раствори, па тие можат да се занемарат. Разгледувањата се вршени за промивање на гасни смеси, а како нивни репрезент се земани чадни гасоови. Воедно, ограничени се за услови на оросен простор и влажна исполна од т.н. "рашигови прстени", при што се користени постоечките сознанија, презентирани во литературата од овие области.

Врз основа на ваквите разгледувања, разработени се математички модели, со кои се опишуваат основните физички процеси.

Со трудот се синтетизирани сознанијата од предметната проблематика и опишување на интегралниот процес кој реално се одвива во скраберска постројка. Имено, *се предлага* комплексен математички модел, со кој во диференцијална форма, се опишува интегралниот процес во скраберска постројка, при истовремено одвивање на поодделните термо-хидраулични, физичко-хемиски процеси.

Математичкиот модел е решен за условите на експерименталната скраберска постројка и за тоа е изработено програмско решение, со користење



на стандардна нумеричка постапка на Runge-Kutta. Со користење на програмското решение, извршени се редица анализи на влијателните фактори, параметри и големини, како и проверка на резултатите, добиени при експерименталните истражувања.

Покрај теоретската разработка, извршени се и експериментални истражувања на параметри и показатели на експериментална скраберска постројка. Имено, експерименталните податоци и показатели за поодделни конструкции и понатаму се незаменливи при проектирање и конструктивна разработка на нови типови уреди и постројки за прочистување на загадени гасови.

Експерименталната постројка за прочистување на чадни гасови на база промивање со вода [Л.145], изведена е како противнасочен скраберски апарат, со и без исполна, а приклучена е на еден од котловските агрегати, во котларницата на "Гоце Радосављевиќ" - Битола. Конципирана е на начин да можат да се вршат испитувања на влијанието на различни термо-хидраулични и конструктивни карактеристики на постројката при различни режими на работа и во зависност од повеќе параметри и големини, кои може да се менуваат.

Идејата, скраберска постројка да се приклучи кон мултициклонски филтер, произлезе од една реална состојба, во услови кога мултициклонскиот филтер не може да ги задоволи законските прописи за прочистување на загадените гасови од прашина. Имено, со приклучување на скраберска постројка кон мултициклонскиот филтер, се добива двостепен филтерска постројка, за која требаше да се добијат основните карактеристики и показатели, во прв ред податоци за степенот на прочистување на гасот од прашина.

Прифаќајќи го претходното како предизвик, со работа на предметната проблематика, се покажа дека, кај двостепената филтерска постројка ( мултициклонски филтер-скрабер ), скраберската постројка се однесува по сите принципи на чисто скраберска постројка, со тоа што влезните параметри на гасот се диктирани од работата на мултициклонскиот филтер.

Наведеното, посебно се однесува на концентрациите и дисперзниот состав на пращината во гасот, на излезот од мултициклонскиот филтер, т.е. на влезот во скраберот. Со оглед на првичното прочистување на гасот во мултициклонскиот филтер, скраберската постројка работи со слабозагадени гасови со прашина, а дисперзниот состав на пращината на влезот во скраберската постројка, е претежно со помали димензии на честичките.

Воедно, се покажа, дека егзактните големини на вкупниот степен на прочистувањето од пращината, кај вака конципирани постројки, во многу ќе зависи од конструктивните и експлоатационите карактеристики и на двете поединечни постројки ( скраберот и мултициклонскиот филтер ), режимските карактеристики, а секако и од влезните параметри на гасот и водата. Претходното треба да се испита, за секој случај поединечно, што при користење на резултатите од овој труд, а пред се со користење на програмското решение е овозможено на релативно брз и едноставен начин.