

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата НЕБОЈШЕ Д. ВУЧИЋЕВИЋА, дипломираног инжењера хемијске технологије

Одлуком бр. VI/4-3-16, од 23. децембра 2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Небојше Д. Вучићевића, дипл. инж. техн., под називом: „**Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава**”. После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација, чији наслов гласи „**Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава**”, садржи 257 страна рачунарски обрађеног текста (од Увода па закључно са Литературом). 22 почетне стране (насловна страна и сажетак на српском и енглеском језику, захвалност, садржај и списак слика и табела). Укупан број страна дисертације је 279 и све су А4 формата. Дисертација садржи:

- 105 табела у текстуалном делу и четири табеле у прилогу дисертације,
- 170 слика и дијаграма у текстуалном делу дисертације,
- 6 прилога различитог облика (анкетни листови, табеле),
- 129 литературних извора коришћених у дисертацији.

На крају је дата биографија аутора и списак објављених радова из дисертације.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Небојша Д. Вучићевић, дипломирани инжењер хемијске технологије, уписао је школске 2015/2016. године докторске академске студије на Техничком факултету у Бору на студијском програму: Инжењерски менаџмент.

Кандидат Небојша Д. Вучићевић је пријавио тему докторске дисертације под називом *Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава*, на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, дана 2. септембра 2022. године.

На основу пријаве теме докторске дисертације Катедра за менаџмент предложила је Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду покретање поступка за именовање Комисије за оцену научне заснованости докторске дисертације кандидата.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-38-11 од 16. септембра 2022. године, именована је комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације. Одређена је Комисија у саставу: проф. др Милован Вуковић, дипломирани инжењер технолошке хемије (Технички факултет у Бору Универзитета у Београду), проф. др Предраг Ђорђевић, дипломирани инжењер менаџмента (Технички факултет у Бору Универзитета у Београду) и проф. др Милош Папић, дипломирани инжењер менаџмента (Факултет техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу).

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-1-13 од 28. октобра 2022. године, усвојен је извештај комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 21. новембра 2022. године, донело је одлуку број I/2-1083/2 о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-3-16 од 23. децембра 2022. године, именована је комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет истраживања докторске дисертације припада научном пољу Техничко-технолошких наука и научној области Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент за коју је Технички факултет у Бору матичан.

Именован је ментор за вођење кандидата при изради ове докторске дисертације:

- Проф. др Милован Вуковић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду; аутор великог броја научних радова (више од 30) из области инжењерског менаџмента, инжењерства заштите животне средине и металуршког инжењерства. Према референтном извору *Scopus* аутор или коаутор је 28 радова: *h-index*: 8.

Компетентност именованог ментора за вођење кандидата, као и остала два члана одређене Комисије, потврђује ауторство великог броја радова објављених у међународним и водећим часописима националног значаја.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Небојша Д. Вучићевић, дипл. инж. техн. је рођен 13. маја 1981. године у Београду.

Основну школу „Коста Ђукић” и „Гимназију” у Младеновцу је завршио са одличним успехом.

Војно-техничку академију на Универзитету одбране, смер техничка служба, усмерење хемијска технологија, завршио је 2005. године са одличним успехом.

У школској 2015/2016. години кандидат Небојша Д. Вучићевић, дипл. инж. техн., уписао је докторске студије на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду на студијском програму: Инжењерски менаџмент. Кандидат је положио све испите и остварио одличан успех са просечном оценом 9,11.

Кандидат ради у Инспекторату одбране Министарства одбране као инспектор за рад са убојним средствима, пиротехничку безбедност и заштиту од пожара и експлозије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на 279 страна и састоји се од 18 поглавља и осталих пратећих садржаја. Дисертација садржи следећа поглавља:

- Увод,
- Концепт животне средине,
- Загађење ваздуха,
- Убојна средства и експлозивне материје,
- Експлозивне материје као загађивачи животне средине,
- Еколошки аспекти процеса демилитаризације и уништавања убојних средстава и неексплодираних убојних средстава,
- Физичко хемијски процеси експлозивних материја и
- Методолошки оквир,
- Прописи који регулишу производњу, манипулацију, транспорт, складиштење и уништавање убојних средстава и експлозивних материја,
- Деградација животне средине у различитим фазама животног циклуса ,
- Моделовање емисије продуката приликом сагоревања или детонације експлозивних материја,
- Врсте извора опасности и основни подаци потребни за процену угрожености услед хемијске експлозије,
- Узорак испитивања запослених,
- Статистичка обрада података и добијених резултата,
- Резултатима и дискусија моделовања упоредном анализом софтверских апликација „ADORA” и „ALONA” и експерименталних мерења,
- Развој стратешког плана за смањење емисије полутаната приликом уништавања и употребе убојних средстава на територији Републике Србије,
- Закључак,
- Литература

Преостали део рукописа односи се на биографију кандидата и списак радова приостеклих из докторске дисертације.

Дисертација је илустрована са 170 слика и 105 табела, а литературни преглед садржи податке о 129 референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу – **Увод** (стр. 23-27) – изложен је предмет истраживања и истакнут је утицај емисије полутаната приликом сагоревања или детонације убојних средстава у различитим технолошким процесима. Дат је кратак осврт на размере актуелних загађења, те указано на потребу предузимања адекватних мера у циљу смањења или неутралисања емисије полутаната у животну средину. Последице процеса уништавања убојних средстава на животну средину су ослобађање тешких метала попут олова, антимиона, и баријума као и загађујућих гасова као што су HCl, CO, NO, NO₂ и HCN.

Кандидат је истакао значај и сложеност предмета истраживања, циљеве истраживања и примењене упоредне анализе резултата математичких модела нумеричке анализе, софтверских пакета „ALOHA” и „ADORA” и резултата добијених мерењем у лабораторијским и полигонским условима. Коментаришу се такође и извесни недостаци који се односе на софтверске пакете „ALOHA” и „ADORA”. У уводном поглављу су описане и карактеристике убојних средстава са локацијама где се могу срести. Узимајући у обзир да примењене методе и технике уништавања убојних средстава директно утичу на емисију загађујућих супстанци, кандидат указује на то да је најмање пожељна метода уништавања спаљивање и детонација на отвореном простору.

У другом поглављу – **Концепт животне средине** (стр. 29-46) – кандидат разматра концепт животне средине. Поглавље анализира утицаје човека на животну средину у два супротна смера и то под утицајем стваралачких делатности са антропогеним елементима и непромишљени утицаји на природне појаве изградњом индустријских и пословних објеката. У централном делу овог поглавља кандидат обрађује појам атмосфере и последице загађења атмосфере са детаљним приказом приземних слојева атмосфере, њихових карактеристика и састава, укључујући и процентуални и масени удео елемената и једињења у ваздуху. Да би се појаснила дифузија загађујућих материја у атмосфери детаљно је обрађени феномени атмосферске циркулације. Како са распрострањањем загађујућих супстанци долази до контаминације атмосфере, јавља се потреба за развојем модела дисперзије за симулацију, од којих је најприхватљивији *Гаус-ов (Gauss)* модел димне перјанице са тачкастим извором загађења. На крају овог поглавља се констатује да се утицај и потенцијал загађења животне средине може утврдити једино технолошки софистицираним мониторингом локација или извора загађења са циљем да испуштање загађујућих материја сведе на ниво да се могу анулирати без нарушавања равнотеже и животне средине.

Кроз треће поглавље – **Загађење ваздуха** (стр. 47-48) – кандидат објашњава појам и утицајне факторе на загађење ваздуха и главне загађујуће опште супстанце као што су угљен-моноксид, угљоводоници, честице прашине и чађи, сумпор диоксид, азотни оксиди и олово. Поред наведених супстанци приказано је да у атмосферу доспевају и остале супстанце попут неорганских и органских, укључујући металоиде, неметале и халогене.

У оквиру четвртог поглавља – **Убојна средства и експлозивне материје** (стр. 49-93) – кандидат је детаљно изложио проблематику експлозивних материја, односно њихову поделу и њихова физичка и детонациона својства. Приказане су реакције хемијског разлагања са производима реакције у процесу сагоревања и детонације експлозивних материја, према различитим механизмима (Kristiakowski–Wilson; модификован механизам Kristiakowski–Wilson; Springall–Roberts; Keshavarz; Kambel–Jakob). Извшено

је илустративно приказивање процеса сагорења и детонације са производима реакције, зоном реакције и неизреагованом материјом. Дата је дефиниција појма експлозије са формулама за прорачун енергије ослобађања експлозивне материје, те осталих величина као што су: релативна рушилачка снага и релативна потенцијална енергија, механички рад, еквивалентност експлозива, прорачун сферног дејства експлозије у простору и густина експанзионог стања. Кандидат је након тока описао иницијалне експлозиве, експлозиве за уништење или бризантне експлозиве, баруте и пиротехничке смеше са њиховим карактеристикама и реакцијама физичког разлагања.

У петом поглављу – *Експлозивне материје као загађивачи животне средине* – (стр. 94-116) емисија полутаната је сагледана у светлу војних активности; пре свега, приликом употребе и уништавања убојних средстава. Размотрени су и ефекти емисије који прате производњу експлозивних материја у фабрикама наменске индустрије Републике Србије.

У шестом поглављу – *Еколошки аспекти процеса демилитаризације и уништавања убојних средстава и неексплодираних убојних средстава* (стр. 117-133) – кандидат је приказао проблематику вишкова убојних средстава, карактеристике и локације на којима се могу наћи убојна средства на територији Републике Србије. Приказом технолошких процеса и локације контаминираних зона, анализирани су постојеће методе уништавања, и то класичне, допунске, експерименталне методе и методе у развоју.

У преосталом делу овог поглавља анализирани су утицаји емисије на животну средину кључних загађујућих материја (HCl, CO, NO, NO₂ и HCN), а резултати су приказани табеларно према врсти производа и примењеној методи, као што су: сагоревање на отвореном простору, детонација на отвореном простору, затворена детонација, затворено спаљивање са експлозивом TNT и затворено спаљивање TNT са додатком вештачког ђубрива типа уреа. Поред класичних концентрација резултати су конвертовани и у концентрације изражене преко еквивалента емисије NO₂. Узорци испитивања су елементи убојних средстава, за које је табеларно приказан састав експлозивних материја. Осим емисије дат је преглед утицаја на људски организам на основу врсте производа.

Поред разматране технологије уништавања, разматрани су ефекти технологије производње са потенцијалним производима емисије и токсичним утицајима. Објашњени су и тренутно важећи интерни прописи Министарства одбране и Војске Србије, под којима је дефинисано уништавање и максимално дозвољене нето количине експлозивне материје за уништавање по врстама и калибрима убојних средстава. Као карактеристични примери дати су нус производи у току производног процеса експлозивних материја и у току процеса уништавања.

У седмом поглављу – *Физичко хемијски процеси експлозивних материја* (стр. 135-144) – представљени су процеси сагоревања и детонације, мерени путем сензора и ултрабрзе камере у лабораторијским и полигонским условима. Приказани су резултати детонације експлозивних материја и композицијама експлозивних материја са концентрацијама загађујућих материја по врсти у различитим фазама ослобађања енергије и производи реакције стехиометрије у складу са хемијским реакцијама, путем софтверског пакета „СНЕЕТАН” и „СНЕМКИН”. Развојем модела добијени су средње вредности емисионих фактора експлозивних материја и композиција експлозивних материја и РМ честица.

У осмом поглављу – *Методолошки оквир* (стр. 145-154) – описани су расположиви софтверски пакети у свету за предвиђање емисије почев од „TOXIFIRE”, „NIST”,

„NAME”, „ADORA” и „ALOHA”. Дато је детаљно објашњење и методологија приступа моделовања са софтверским пакетима „ADORA” и „ALOHA”, с обзиром на то да су коришћени у дисертацији за моделовање и упоредну анализу са измереним резултатима у лабораторијским и полигонским испитивањима. На основу извршеног испитивања у полигонским условима експлозива хексогена (RDX), тринитротолуена (TNT), Композиције Б и Експлозива Д, те обрадом резултата, може се добити упоредни приказ вредности параметара емисије испитиваних полутаната (CO_2 , CO , NO , NO_2 , CH_4 , TNMH и C_6H_6) применом модела „ADORA” и „ALOHA”.

Кандидат напомиње да је модел „ADORA” коришћен за симулацију два сценарија. Први део сценарија разматра експлозију и процес након експлозије, док други сценарио разматра пожаре са реактивним хемикалијама. Приказани су графици температуре облака у функцији времена и надпритисак експлозије са максималним топлотним током за експлозије. За индустријске и складишне пожаре је анализирана и графички приказана зависност температуре и хемијског састава облака, затим облак и садржај концентрације хлороводоника. У даљем тексту поглавља разматрана је примена модела према категоријама опасности и модели адекватни за моделовање „BLAST” ефекта.

У деветом поглављу – *Прописи који регулишу производњу, манипулацију, транспорт, складиштење и уништавање убојних средстава и експлозивних материја* (стр. 155-156) – сагледане су законске регулативе и прописи на територији Републике Србије који уређују ову област. Прописи су подељени на прописе који се доносе и усвајају на нивоу Републике Србије и прописи који се доносе и уређују на нивоу Министарства одбране и Војске Србије.

У десетом поглављу – *Деградација животне средине у различитим фазама животног циклуса* (стр. 157-189) – моделовање је извршено применом софтверских пакета „ADORA” и „ALOHA” за карактеристичне и кључне сценарије са максимално дозвољеним количинама експлозивне материје и убојних средстава у току *производње, лабораторије и складиштења*, у складу са претходно изведеним хипотезама применом софтверских метода. Дефинисање сценарија је извршено на следећи начин:

Сценарио 1. Емисија продуката приликом детонације експлозивних материја и убојних средстава у технолошком процесу производње;

Сценарио 2. Емисија продуката приликом детонације у току испитивања и завршне контроле квалитета експлозивних материја и убојних средстава;

Сценарио 3. Емисија продуката приликом детонације ускладиштених експлозивних материја;

Сценарио 4. Емисија продуката приликом детонације експлозивних материја у транспорту;

Сценарио 5. Емисија продуката приликом употребе експлозивних материја;

Сценарио 6. Емисија продуката приликом уништавања експлозивних материја. Софтверски пакет „ALOHA” укључујући и прорачунске методе коришћене су за предвиђање ударног таласа у случају експлозија пиротехничких смеша у магацинима на објекте инфраструктуре као секундарни ефекат експлозије у односу на емисије продуката у атмосферу.

У једанаестом поглављу – *Моделовање емисије продуката приликом сагоревања или детонације експлозивних материја* (стр. 190-203) – извршено је као сценарио студије случаја у фабрици наменске индустрије Компанија „Слобода” а.д. Чачак, емисије продуката приликом детонације експлозивних материја у технолошком поступку производње. Сценарио је изведен под претпоставком да је дошло до детонације

експлозивне материје или убојних средстава у маси и пренос детонације на складиште експлозивних материја у комплексу фабрике.

Кандидат је дефинисао као високо ризичне објекте од експлозије, објекте у опасном погону (у даљем тексту: погон са високим ризиком за настанак удеса или акцидента), превасходно погон артиљерије и погон за производњу пиротехнике и артифиције. За наведене објекте извршен је прорачун утицаја и граничне зоне ефеката ударног таласа и емисије продуката за изабране вредности натпритиска по технолошким просторијама високо ризичних објеката, у складу са максимално дозвољеном количином експлозива.

Сценарио је креиран на основу могућих узрока експлозије, односно настанка удеса, укључујући и отказе делова опреме или система у целини. Претпоставка могућих сценарија је извршена према технолошким процесима у погону пиротехнике и артифиција. Извршен је прорачун зоне ефеката за изабране вредности надпритиска, на основу чега су обележене зоне ефеката према степену ризика и концентрацијама загађујућих супстанци у формираној ватреној лопту и облаку након дисперзије, ниво угрожености 1 – зона црвене боје, ниво угрожености 2 – зона наранџасте боје и ниво угрожености 3 – зона жуте боје. Зоне су приказана за понаособ за високо ризичне објекте и комплекс Компаније „Слобода” а.д. Чачак.

У дванаестом поглављу – ***Врсте извора опасности и основни подаци потребни за процену угрожености услед хемијске експлозије*** (стр. 205-208) – кандидат је описао поделу ризика услед удеса експлозивне материје, те направио прорачун и табеларно приказао ефекте емисије по зонама, узимајући у обзир максималну нето количину експлозива по просторији у опасном погону и постојање физичких баријера између погона, односно заштитних насипа.

У тринаестом поглављу – ***Узорак испитивања запослених*** (стр. 209-210) – кандидат је, у циљу сагледавања реалне ситуације у потпуности, спровео испитивање путем анкетања 220 запослених лица, што представља 20% од броја запослених лица у предузећу „Слобода” а.д. Чачак. Структура испитаника је формирана према организацијским целинама, полу, степену стручне спреме и годинама радног стажа.

У четрнаестом поглављу – ***Статистичка обрада података и добијених резултата*** (стр. 211-222) – примењен је χ^2 – Хи квадрат тест, којим је утврђена вероватноћа постојања између посматраних обележја. Тестови су формиран са питањима ради потврђивања општих и посебних хипотеза. Хипотезе су дефинисане према разматраној тематици у анкети.

У петнаестом поглављу – ***Резултати и дискусија моделовања упоредном анализом софтверских апликација „ADORA” и „ALONA” и експерименталних мерења*** (стр. 223-242) – приказани су резултати моделовања употребом експерименталних података који су добијени тестирањем, анализом и прорачуном у програмским пакетима „ADORA” и „ALONA”. У овом поглављу су приказана одступања измерених од прорачунских резултата коефицијената емисије експлозива TNT и Композиције Б са приказаним дијаграмима расејања коефицијената за следеће загађујуће материје: CO₂, CH₄, CO, NO₂, THMX, C₆H₆ и NO. Уз податке који су графички приказани, у дисертацију су увршћени и табеларни прикази вишекритеријумске анализе модела за емисију продуката приликом детонације експлозивних материја.

У шеснаестом поглављу – ***Развој стратегијског плана за смањење емисије полутаната приликом уништавања и употребе убојних средстава на територији Републике Србије*** (стр. 243-244) – кандидат је изнео предлог за реализацију наведеног плана по фазама и то:

- 1) прикупити податке са расположивим ресурсима наменске индустрије и пројектовати даљу стратегију у складу са одлуком о смањењу емисије загађења животне средине;
- 2) прописима дефинисати максималне количине и концентрације емисије загађујућих материја на основу емисионих фактора;
- 3) израдити идејни план и пројекат синтезе еколошких експлозивних материја; те
- 4) предузети мере на основу закључака о прихватању или одбијању постављених хипотеза у даљим процесима животног циклуса убојних средстава.

У седамнаестом поглављу – *Закључак* (стр. 245-247) – кандидат, у стремљењу да се проблем емисије експлозивних материја приликом процеса сагоревања и детонације превазиђе, даје следеће препоруке за реализацију на различитим нивоима: за доносиоце одлука у Министарству одбране, Војсци Републике Србије, органима локалне самоуправе, руководиоцима наменске индустрије и органима државне управе.

На крају, у осамнаестом поглављу – *Литература* (стр. 248-254) – предочени су подаци о коришћеним литературним изворима.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Развој модела и предвиђање резултата технолошких процеса је циљна проблематика на глобалном нивоу. Циљ моделовања је сагледавање свих параметара ради анализе ефеката на животну средину и проналажење методологије за превазилажење проблема смањењем или неутралисањем негативних утицаја на животну средину и квалитет живота људи. Моделовање животног циклуса убојних средстава и продуката приликом сагоревања и детонације убојних средстава обухвата све компоненте животне средине.

У објављеним радовима у часописима са JCR–SCI листе приказани су резултати моделовања карактеристичних загађујућих полутаната у атмосфери, односно оних који су емитовани у ваздух, у зависности од различитих врста, количина, хемијског састава и карактеристика облоге убојних средстава. Сагоревање и детонација убојних средстава кроз животни циклус оставља негативан утицај на животну средину. Ефекат негативних утицаја, поред бласт ефекта и разорне моћи, огледа се у емитовању загађујућих полутаната. Неопходан је, сагласно томе, потпун мониторинг почев од производње и одабира еколошких експлозивних материја, преко њиховог складиштења, па до уништавања на еколошки прихватљив начин. Превазилажење овог проблема може се постићи увођењем еколошких сировина приликом производње, мониторингом компетентних група за уништавање у циљу емисије оптималних количина полутаната, применом савремених метода и техника приликом уништавања или предајом убојних средстава за уништавање земљама које спроводе уништавање за потребе других земаља. Утврђивањем концентрације полутаната приликом активирања убојних средстава, праћењем дисперзије загађујућих материја и анализом корелација полутаната у лабораториским и полигонским условима, што је учињено у оквиру ове дисертације, омогућава предвиђање будућих технолошких процеса сагоревања и детонације на отвореном простору, применом софтверских пакета и нумеричке анализе.

Оригиналност се, према томе, огледа у специфичној комбинацији метода и сагледавању емисије полутаната кроз животни циклус убојних средстава кроз студију критичних

сценарија у предузећу наменске индустрије Компанија „Слобода” а.д. Чачак и складишту убојних средстава Војске Србије.

Полазне хипотезе, у истраживању у оквиру овог докторског рада, проистекле су из одговарајуће научне и стручне литературе и инжењерске праксе. Резултати су потврдили постављене хипотезе:

Хипотеза 1 (X1): Вредности нивоа концентрације продуката емисије су веће на отвореном него у затвореном простору;

Хипотеза 2 (X2): Вредности нивоа концентрације продуката емисије пропорционално опадају у односу на удаљеност од центра експлозије;

Хипотеза 3 (X3): Вредности нивоа концентрације продуката емисије су пропорционални иницираној нето количини експлозивне материје;

Хипотеза 4 (X4): Вредности нивоа концентрације продуката емисије су највеће у првих 60 минута од тренутка иницијације експлозивне материје;

Хипотеза 5 (X5): Вредности нивоа концентрације продуката емисије зависе од хемијског састава, масеног односа једињења, врсте и типа експлозивне материје;

Хипотеза 6 (X6): Прорачун вредности нивоа концентрације продуката и моделовање кључних фактора емисије продуката експлозивне материје, применом модела „ALONA” и „ADORA”, не одступају од измерених вредности у лабораторијским или полигонским условима;

Хипотеза 7 (X7): Не постоје одступања у степену прецизности и тачности прорачуна и моделовања применом модела „ALONA” и „ADORA”;

Хипотеза 8 (X8): Одступање прорачунате вредности нивоа продуката емисије је идентично за све анализирание продукте и не прелази 20% у односу на измерене вредности параметара емисије у лабораторијским или полигонским условима;

Хипотеза 9 (X9) Зоне дисперзије продуката зависе од хемијског састава, врсте, типа, испоштованости максимално дозвољених нето количина по операцијама, испоштованости група опасности и компатибилности, растојања у технолошком процесу рада, међумагацинског растојања, заштитних насипа, типа објеката и микроклиматских услова у технолошким процесима рада, приручним магацинима или складиштима сировина, односно готових производа;

Хипотеза 10 (X10): Ниво оспособљености стручних лица запослених у Компанији „Слобода” а.д. Чачак из познавања експлозивних материја са аспекта емисије продуката у животну средину је у корелацији познавања превентивних мера и евентуалног корективног поступања у циљу смањења или неутралисања емисије продуката у животну средину у технолошким процесима рада или самозапаљења услед деградације елемената.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације коришћено је 129 литературних извора; углавном се ради о научним радовима новијег датума који су објављени у часописима са JCR листе. Цитирани радови су у сагласности са постављеним истраживачким питањем у овој дисертацији.

Међу важнијим радовима који су непосредно усмеравали ово истраживање налазе се они у којима је разматран проблем сагоревања и детонације убојних средстава на отвореном простору, коришћења савремених технолошких процеса у производњи, праћења емисије полутаната у свим фазама животног циклуса путем математичких

модела, софтверских пакета за моделовање и испитивања и мерење концентрације продуката у лабораторисјким и полигонским условима. примене индексне методе у циљу праћења квалитета ваздуха; применљивост метода вишекритеријумске анализе код моделовања процеса у различитим екосистемима; примена метода мултикритеријумске анализе итд. Такође, предочено је у оквиру теоријског дела дисертације обиље релевантних радова који се односе на различите аспекте интегралног управљања ризицима у индустријама са повећаном вероватноћом настанка акцидента.

Истраживања у области емисије полутаната приликом процеса сагоревања и детонације убојних средстава, која укључују и штетне последице по животну средину имају значајну улогу у процени ефеката, смањења или неутралисања емисије убојних средстава током животног циклуса. Бројна истраживања у разним земљама света анализирају различите чиниоце прихватања методе за уништавање убојних средстава и моделовање емисије.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Моделовање у области заштите животне средине може се спровести на основу резултата добијених у лабораторисјким условима или на основу резултата добијених у условима мерења концентрације загађујућих супстанци и других величина у реалном времену. Методологија приступа у дисертацији је да се изврши упоредна анализа добијених резултата путем развоја модела за предвиђање емисије загађујућих супстанци приликом сагоревања и детонације убојних средстава, нумеричке анализе и мерених резултата са лабораторисјких и полигонских испитивања.

Ради упоредне анализе и сагледавања оптимално прихватљиве методе за предвиђање уз занемарљиво одступање од измерених резултата, примењене су следеће методе: (1) метода нумеричког прорачуна, (2) метода вишекритеријумске анализе и (3) софтверских метода „ALOHA” и „ADORA” за предвиђање и моделовање емисије продуката. На основу добијених коефицијената емисије продуката за експлозив тринитротолуен (TNT), утврђено је да је највеће одступање параметара од измерених вредности добијено применом модела „ALOHA” $E/A = 0.43$, $R^2 = 0.1383$ и $E/A = 0.67$, $R^2 = 0.0923$. На основу анализе резултата израђени су и дијаграми емисионих коефицијената TNT експлозива у односу на мерене и израчунате вредности и дефинисани градијенти расејања за коефицијенте анализираних продуката емисије. Највеће расипање или вредност градијента расипања је прорачунато за загађујућу материју CO₂, а најмањи за загађујућу материју CO. Као коначан закључак на основу добијених резултата проистиче да прорачуни вредности нивоа концентрације продуката и моделовање кључних фактора емисије продуката експлозивне материје, применом метода „ADORA” и „ALOHA”, одступају од измерених вредности у лабораторисјким и полигонским испитивањима. Утврђено је да има одступања у степену прецизности и тачности прорачуна и моделовања применом метода „ADORA” и „ALOHA”, са напоменом да је одступање методе „ALOHA” занемарљиво.

У овој дисертацији примењене су током обраде података методе којима се утврђује пре свега међузависност између променљивих и добијених резултата што је оправдано у ситуацијама када између бројних параметара који утичу на услове емисије продуката приликом сагоревања и детонације експлозивних материја.

Методe анализe концентрација загађујућих супстанци у ваздуху омогућавају дефинисање критеријума којих се треба придржавати приликом одлучивања о избору оптималне методе за уништавање убојних средстава. Ти критеријуми подразумевају следеће:

- 1) технологија мора да обезбеди потпуно уништење муниције, експлозивних материја и пиротехничких компоненти;
- 2) емисија продуката не сме имати неприхватљиве последице на животну средину и мора обезбедити безбедност за околину обавезу мерења стања емисије;
- 3) технологија мора бити оправдана са минималном потрошњом енергије и минималним отпадом;
- 4) комбинацијом технологија мора се обезбедити уништење више врста убојних средстава и
- 5) у случајевима када је небезбедна било каква манипулација и транспорт убојних средстава, потребно је и обавезно уништавање на лицу места.

Вишекритеријумском анализом резултата нумеричког прорачуна и анализе, примењених софтверских пакета, измерених резултата у лабораторијским и полигонским условима испитивања, укључујући анкету запослених у Компанији „Слобода” а.д. Чачак, у овој дисертацији су: (1) добијене корисне информација из посматраног статистичког броја; (2) откривене и утврђене корелације на основу међусобног односа променљивих; (3) одређене међузависности од суштинске важности с обзиром на то да ли је прихватљив ниво одступања приликом моделовања.

Моделовање утицајних фактора и предвиђање емисије продуката омогућава утврђивање крајњих ефеката емисије и зоне дисперзије експлозивних процеса без спровођења испитивања у диригованим и реалним условима. Ефекат моделовања омогућава да се приликом пројектовања убојних средстава и усвајања технологија производње и уништавања убојних резултата, утврде наведени каучни параметри и ефекти, ради усвајања оптималног решења за све фазе животног циклуса убојних средстава.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих се дошло у овој дисертацији имају свој практични значај. Степен применљивости добијених резултата зависи, међу другим факторима, и од актуелног приступа у управљању емисијом полутаната приликом процеса сагоревања или детонације неутрошених убојних средстава у Републици Србији.

Предочени и анализирани резултати у овом раду могу послужити као темељ за будућа истраживања утицаја емисије полутаната приликом сагоревања или детонације убојних средстава и примену одговарајућих мера за смањење или евентуално неутралисање емисије загађујућих супстанци у атмосферу и утицај на дисперзију. Осим тога, развојем модела утврђена је зависност и утицај врста, количине и поштовање оптималних компатибилних група ради смањења емисије и коришћење еколошки прихватљивих технологија.

Изведени закључак из дисертације треба применити на превентивне и корективне мере:

- За доносиоце одлука у Министарству одбране, Војсци Републике Србије и предузећа наменске индустрије:

- ✓ израда студије развоја модернизације постојећих и иновације модерних технологија, ради смањења емисије продуката или потпуне неутрализације;
- ✓ предузимање мера за организацију студијског праћења и обезбеђење техничко-технолошких мера за пречишћавање гасног отпада који доспева у атмосферу кроз фабричке димњаке и вентилационе системе;
- ✓ обезбеђење поштовања технолошких мера по зонама, на местима на којима се уништавају експлозивне материје или убојна средства;
- ✓ обезбеђење транспарентног система праћења и мониторинга као мере за санкционисање прекршиоца од стране локалне самоуправе у сарадњу са надлежним органима Министарства за заштиту животне средине и
- ✓ обезбеђење услова и предузимање мера за успостављање непрекидне комуникације између одговорних лица Министарства одбране, наменске индустрије, Војске Србије и републичких органа за заштиту животне средине,
- За органе локалне самоуправе:
 - ✓ општине на којима се налазе фабрике наменске индустрије, поштовање урбанистичких планова, у складу са капацитетима производње фабрикама наменске индустрије са аспекта могућих акцидената и негативног утицаја по животну средину и
 - ✓ да се обезбеде услови да не дође до доспевања сировина или експлозивних материја у ланац исхране становништва и
- За државне управе у Министарству одбране:
 - ✓ да се стратешки развој фабрика наменске индустрије усагласи са технолошким развојем и трендом захтева стандарда за заштиту животне средине и глобалног загревања и
 - ✓ да Министарство одбране у сарадњи са Министарством за заштитом животне средине обезбеди приступ међународним пројектима и фондовима за развој технологија у животном циклусу убојних средстава.

Кандидат Небојша Вучићевић напомиње да, у циљу постепеног успостављања применљивог решења и фазног побољшања технологије, треба размотрити приступе прекида или смањења капацитета производње високо ризичних експлозивних материја или убојних средстава. Њих је, са становишта утицаја на животну средину и уништавања убојних средстава и експлозивних материја, прикладније уништавати ван граница Републике Србије, а у циљу смањења трошкова требало би повећати проценат ремонта и делаборације за потребе трећих лица ван граница Републике Србије. А у циљу дефинисања мера према степену потребних инвестиција, односно финансијских улагања, приоритети би требало да буду активности које је могуће спровести без улагања новчаних средстава, то јест доношењем нижих правних и интерних аката. Њихова примена је могућа у веома кратком временском року.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, њихово тумачење, те проистекли и објављени научни радови указују на способност кандидата Небојше Д. Вучићевића, дипломираног инжењера хемијске технологије, за самостални научни рад као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- идентификовање кључних загађујућих материја услед емисије експлозивних материја;
- утврђивање компатибилних група експлозивних материја за постизање оптималних ефеката;
- моделовање емисије експлозивних материја чиме се обезбеђује креирање еталона за развој, освајање, усвајање технологија и пројектовање убојних средстава на еколошки прихватљив начин; обезбеђење услова за смањење емисије приликом уништавања и доношења одлука у наредном периоду у сектору наменске индустрије и активности Министрства одбране и Војске Србије;
- утврђивање нивоа концентрације загађујућих материја на већ контаминираним локацијама полигона предузећа наменске индустрије и Војске Србије;
- утврђивање зона дисперзије услед акцидентних ситуација у складиштима и полигонима и приликом испитивања убојних средстава на полигонима Војске Србије и наменске индустрије,
- омогућавање планирања обима производње у наменским индустријама и активности Војске Србије у складу са еколошки прихватљивим параметрима и
- формирање симулационог центра за обуку и изучавање ефеката емисије и зона дисперзије услед активирања експлозивних материја у фазама животног циклуса убојних средстава.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Ова докторска дисертација садржи обиље података који су добијени праћењем параметара емисије продуката сагоревањем и детонацијом убојних средстава. Предвиђање емисије је потпуно независан процес утврђивања нивоа концентрације и дисперзије продуката на одређеној локацији. Евентуалним формирањем мерних станица са системом детекције у погонима за производњу, лабораторијама или полигонима, успоставио би се референтни систем за праћење промена и контролу добијених резултата на основу моделовања.

Ова дисертација у том смислу представља видан помак у истраживању овог феномена јер је проблем емисије са најмањим искорак у савременом добу, нарочито неразвијених и полуразвијених земаља. Поред могућности виртуалног сагледавања емисије, омогућава се и еколошко планирање активности Војске Србије и фабрика наменске индустрије у прелазном периоду, тј. периоду до освајања еколошких технологија.

На тај начин би се реализовала контрола и превенција загађења и поштовао принцип одрживог управљања квалитетом ваздуха у ресору Министарства одбране и Војске Србије.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација ове докторске дисертације је у складу са позитивним законским одредбама у Републици Србији и критеријумима Универзитета у Београду међу којима се предвиђа и објављивање најмање једог рада из дисертације у часописима са импакт фактором (IF) где би кандидат требало да буде први аутор. Кандидат Небојша Д. Вучићевић је, до тренутка предаје дисертације за јавну одбрану, објавио један рад у часопису са IF, који се налази на SCI–JCR листи. Такође, кандидат је резултате овог истраживања два пута излагао на међународним научним конференцијама.

На основу рада на дисертацији, кандидат Небојша Вучићевић је објавио следеће радове:

Рад у међународном часопису категорије М-20:

N. Vučićević, M. Vuković, M. Papić (2022). Open burning and open detonation of explosives: Prediction of pollutant emissions, *Environmental Protection Engineering - EPE*, 48(1): 23-34.

DOI: 10.37190/epe220102 ISSN:0324/8828. IF (2020)=0,977

M23

Engineering, Environmental 52/54.

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампан у целини (М-30):

N. Vučićević, G. Vučićević (2018). Menadžment inovacijama kroz primenu teorije pouzdanosti u donošenju odluke. 21. Međunarodna konferencija „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću” i 9. Međunarodna konferencija „Life cycle Engineering and Management”, ICDQM, 28-29. jun, Čačak: „Istraživački centar”.

M33

P. Stojisavljević, V. Stojisavljević, N. Vučićević, D. Stojanović (2018). Ispitivanje detekcije i identifikacije visokotoksičnih i industrijskih toksičnih materija u laboratorijskim uslovima. II Simpozijum o posledicama bombardovanja osiromašenim uranijumom, ICDQM. maj, Čačak: „Istraživački centar”.

M33

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и, сагласно томе, резултата у извештају (*Similarity Index*) према програму *iThenticate*, којим је, 25. новембра 2022. године, извршена провера оригиналности докторске дисертације „Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава”, кандидата Небојше Вучићевића, дипломираног инжењера хемијске технологије, може се констатовати да је укупно подударање текста износило 8%.

Добијени степен подударности настао је као последица случајних подударности по различитим основама (на пример; библиографски подаци о коришћеним литератрним изворима, наиви метода или институција, коришћење скраћеница и сл.). С обзиром на то да је кандидат током писања докторске дисертације поштовао академске норме у погледу навођења коришћених извора, Комисија је мишљења да ова докторска дисертација представља у целости резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација **„Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава”** кандидата Небојше Д. Вучићевића, дипл. инж. техн., садржи бројне оригиналне резултате који омогућавају надоградњу постојећих сазнања садржаних у коришћеним литературним изворима. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на комбинацију метода нумеричког прорачуна и анализе, софтверских метода за предвиђање емисије и зона дисперзије експлозивних материја, анализе измерених резултата у лабораторијским и полигонским условима и вишекритеријумске анализе и техника за објективно додељивање тежина критеријумима, а у циљу свеобухватне процене квалитета ваздуха на територији Републике Србије. Један објављен научни рад (проистекао из докторске дисертације) у часопису са JCR листе категорије M23, као и два саопштења са међународних скупова, потврђују солидан квалитет остварених резултата у овом докторском раду.

Сагледавајући квалитет овог рада Комисија за оцену урађене докторске дисертације закључује да кандидат Небојша Д. Вучићевић, дипл. инж. техн., испуњава све законске и остале услове за одбрану урађене докторске дисертације. Комисија закључује да је ова докторска дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада, те да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Техничког факултета у Бору и Критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија, имајући у виду предочене чињенице, предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата небојше Д. Вучићевића под називом: **„Развој модела за оптимизацију емисије полутаната насталих у процесу сагоревања и детонације убојних средстава”** и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 24. децембра 2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милован Вуковић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду

Проф. др Предраг Ђорђевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду

Проф. др Милош Папић, ванредни професор Факултета техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу