

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ: МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ



Univerzitet u Banjoj Luci
MAŠINSKI FAKULTET BANJA LUKA
Broj: 16/3.908 - 1/22
Dana: 15.8. 2022.

ИЗВЈЕШТАЈ

о оцјени урађене докторске дисертације

І ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

На основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, ННВ-е Машинског факултета, је на 11. ванредној сједници, одржаној дана 07.07.2022. године, донијело Одлуку број: 16/3.852/22, о именовању Комисије за преглед и оцјену докторске дисертације под називом: „Безбједност изолационих апарата при експанзији компримованог медицинског ваздуха“, кандидата мр Александра Мајсторовића, у саставу:

1. Др Здравко Миловановић, редовни професор, ужа научна област: Хидро и термотехника, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет – предсједник,
2. Др Младен Тодић, редовни професор, ужа научна област: Инжењерство заштите радне средине, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет, ментор – члан,
3. Др Дарко Кнежевић, редовни професор, ужа научна област: Механика флуида и хидропнеуматски системи, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет – члан,
4. Др Евица Стојиљковић, редовни професор, ужа научна област: Безбједност и ризик система, Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу – члан,
5. Др Биљана Врањеш, доцент, ужа научна област: Инжењерство заштите радне средине, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет – члан,

- 1) Навести датум и орган који је именовао комисију;
- 2) Навести састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, научно-наставног звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање и назива универзитета/факултета/института на којем је члан комисије запослен.

ІІ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: Александар (Миливој) Мајсторовић
2. Датум рођења, општина, држава: 11.06.1971. године, Бања Лука, Босна и Херцеговина
3. Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет, студијски програм–одејек: Индустијски инжењеринг, смјер: Заштита на раду; стечено звање: Магистар наука из области Заштите на раду
4. Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет; Назив магистарске тезе: „Безбједност кориштења изолационих апарата у акцидентним

ситуацијама“; Датум одбране: 20.03.2014; Стечено звање: Магистар наука из области Заштите на раду

5. Научна област из које је стечено научно звање магистра наука: Машинство
6. Кандидат није похађао докторске студије. Сенат Универзитета у Бањој Луци је дана 25.05.2017. године донио Одлуку број: 02/04-3.1466-65/17 и дао сагласност на Извјештај о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, под називом: „Безбједност изолационих апарата при експанзији компримованог медицинског ваздуха“, кандидата мр Александра Мајсторовића. Дана 23.12.2021. године Сенат Универзитета у Бањој Луци је на 75. сједници донио Одлуку, број: 02/04-3.2924-50/21 о продужењу рока за одбрану докторске дисертације до 30.09.2022. године.
7. Мр Александар Мајсторовић, аутор је 12 научних и стручних радова и коаутор 2 стручна рада у часописима, на међународним скуповима и симпозијумима, од којих је један рад под називом „The Physico-Chemical Analysis of Compressed Medical Air from Breathing apparatus“ објављен 17.09.2014. године у индексираним часопису научних радова – International Journal of Engineering and Inovative Technology; IJEIT, Volume 4, Issue 2, August 2014, page 176-182. Овај часопис је сертификован (ISO 9001:2008), а Impact factor је 1,895. (овај часопис је на Web of Science листи)
 Рад под називом „Safety Parts of Body to Respiration with Breathing Apparatus in Dangerous Zone“ објављен је у фебруару 2012. године у Journal of Mechanics Engineering and Automation; David Publishing Company, USA; који је након прегледа оцјењен оцјеном одличан.
 Рад под називом „The Impact of Environmental Parameters and Maintenance on the Compressed Medical Air“ објављен је у августу 2018. године, у румунском часопису Annals of Faculty of Engineering Hunedoara. Рад под називом „Carbon Monoxide in The Process of Uncontrolled Combustion-Occurrence, Hazards and First Aid“ објављен је 15.01.2020. године, у румунском часопису Journal of Physics IOP. (овај часопис је на Web of Science листи)
 Аутор је и књиге под насловом „The Safety Using of Breathing Apparatus in Accident’s Situations“ коју објављује у фебруару 2015. године код њемачког издавача Lambert Academic Publishing, Saarbrücken. По један примјерак књиге на њемачком и енглеском језику, уписани су и доступни у Њемачкој националној библиотеци. Неки дијелови књиге, кориштени су при изради докторске дисертације.
 - *радови на међународним научним скуповима штампани у цјелини:*
 - A. Majstorović; Safety Parts of Body to Respiration with Breathing Apparatus in Dangerous Zone. 10th Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, ДЕМИ 2011; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2011.
 - A. Majstorović, Thermal Imagers and their Appliance in the Fire Units. 12th International Conference of Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, DEMI 2015; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2015.
 - A. Majstorović; M. Todić; The Heat Distribution at Compression Filling of Bottles and Expansion of medical Air; 13th International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, DEMI 2017; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2017.
 - A. Majstorović; M. Todić; Distribution of Tnsion in Bottles ob Breathing Apparatus During Normal and Fast Expansion of Compressed Medical Air; 14th

International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, DEMI 2019; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2019.

- M. Todić; T. Latinović; B. Đudurović; A. Majstorović; *Security Applications o Insulation Masks*; 13th International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, DEMI 2017; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2017.

• *радови у часописима међународног значаја:*

- A. Majstorović; The Physico-Chemical Analysis of Compressed Medical Air from Breathing apparatus. International Journal of Engineering and Inovative Technology; IJEIT; Largo; Florida; USA; 2014.
- M. Todić; T. Latinović; B. Đudurović; A. Majstorović; Security of bottle to fill in a high pressure air; International Conference on Applied Science ICAS 2017; IOP Publishing.

1) Име, име једног родитеља, презиме;

2) Датум рођења, општина, држава;

3) Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно последиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање;

4) Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада;

5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера;

6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма.

III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Наслов докторске дисертације:

„Безбједност изолационих апарата при експанзији компримованог медицинског ваздуха“

Сенат Универзитета у Бањој Луци је дана 25.05.2017. године донио Одлуку број: 02/04-3.1466-65/17 и дао сагласност на Извјештај о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, под називом: **„Безбједност изолационих апарата при експанзији компримованог медицинског ваздуха“**, кандидата мр Александра Мајсторовића. Дана 23.12.2021. године Сенат Универзитета у Бањој Луци је на 75. сједници донио Одлуку, број: 02/04-3.2924-50/21 о продужењу рока за одбрану докторске дисертације до 30.09.2022. године.

2. Садржај докторске дисертације са страничењем:

- 1) Уводна разматрања (стр. 1 – 4);
- 2) Проблем и циљ истраживања (стр. 5 – 8);
- 3) Преглед досадашњих истраживања (стр. 9 – 10);
- 4) Теоријска разматрања (стр. 11 – 14);
- 5) Средства за заштиту органа за дисање, лица и очију (стр. 15 – 16);
- 6) Заштитна средства на бази изолације-изолациони апарати (стр. 17 – 30);
- 7) Врсте боца за изолационе апарате (стр. 31 – 42);
- 8) Одржавање, контрола и подешавање SCBA и SCUBA апарата (стр. 43 – 49);
- 9) Компресори високог притиска (стр. 50 – 53);
- 10) Посуде под притиском (стр. 54 – 64);
- 11) Аналитички прорачун геометрије посуде под притиском (стр. 65 – 68);
- 12) Метод коначних елемената (стр. 69 – 79);
- 13) Експериментална истраживања (стр. 80 – 107);
- 14) Резултати експерименталних истраживања дилатација на вањској површини боца (стр. 108 – 129);

- 15) Анализа резултата истраживања (стр. 130 – 143);
- 16) Закључак (стр. 144 – 145);
- 17) Литература (стр. 146 – 152);
- 18) Прилози (стр. 153 – 159);
- 19) Биографија аутора (стр. 160);
- 20) Изјаве (стр. 161 – 163);

Сва наведена поглавља обухватају више потпоглавља.

3. Основни подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација мр Александра Мајсторовића написана је латиничним писмом (фонт Times New Roman, величина слова 12, проред 1.5) на 163 нумерисане странице. На почетку дисертације налази се предговор и садржај, као и 9 страница нумерисаних римским бројевима које садрже: индекс кориштених скраћеница, списак слика, списак дијаграма и списак табела. Дисертација обухвата и 7 нунумерисаних страница које садрже насловне стране (на српском и енглеском), одлуку о прихватању теме, податке о ментору и дисертацији (на српском и енглеском), као и 3 нумерисане странице са изјавама аутора (стр. 161 – 163), према Правилнику о дигиталном репозиторијуму.

Дисертација је написана јасно и језички исправно, а поред текста садржи и 88 слика, 50 дијаграма, 1 шему и 24 табеле. Осим тога у прилозима су дате двије табеле и два дијаграма. У дисертацији је коришћено 98 литерарних навода.

У *Уводном првом поглављу* дате су основне смјернице теоријског и практичног приступа, везано за систем заштите органа за дисање, лица и очију у функцији безбједности на раду (ЗНР) у ватрогасним јединицама, уз нагласак о материјалима (конвенционалним и савременим) који се користе у изради изолационих апарата и боца изолационих апарата, увођењу информационих технологија (за мониторинг) у ову врсту техничког система, пуњењу боца компримованим медицинским ваздухом на компресорима високог притиска и током интервенисања на „банци ваздуха“, проблематици након успостављања везе боца-„банка ваздуха“, времену изједначавања притиска у сврху повећања безбједности корисника, те да овај проблем чини поље мултидисциплинарних истраживања.

Друго поглавље садржи опис различитих приступа у терминолошком дефинисању, али истом суштинском садржају заштите на раду у функцији безбједности корисника приликом кориштења изолационих апарата и пуњења боца на компресорима високог притиска и на „банкама ваздуха“, увођењем материјала високог квалитета, чиме су побољшане механичке, физичке и хемијске карактеристике било да се ради о изолационим апаратима отвореног (на компримовани медицински ваздух) или затвореног система (на компримовани медицински кисеоник), да се код оваквих техничких система идентификација опасности врши још у фази пројектовања, а степен безбједности корисника базира се на три степена заштите. Брзим пуњењем боца на „банкама ваздуха“ скраћује се вријеме одсуства ватрогасаца из зоне интервенисања, а циљ овог истраживања је дефинисање градијента брзине пуњења боце изолационог апарата којим се обезбјеђује поузданост и безбједност овог поступка на који утичу многи фактори, попут: материјала боце, исправност боце и вентила, проток ваздуха, пораст температуре и сл. На крају поглавља дефинисане су главна и помоћна хипотеза.

Уз преглед сродних истраживања у овој области, дефинисање хипотеза, циљева и задатака истраживања у *трећем поглављу*, дефинисани су основни појмови, и параметри везани за поузданост и безбједност система, али се дошло и до закључка да се веома мали број аутора фокусирао на област изолационих апарата, што се потврђује недостатком одговарајућих база података и база знања које би се могле

користити како у реалним условима, тако и у даљим истраживањима. Теоретским и експерименталним истраживањима остварује се допринос повећања безбједности корисника у акцидентним ситуацијама са циљем подизања свијести, одговорности и обучености корисника на виши ниво, као и унапређење поузданости и безбједности система. Наравно, ова истраживања имају и своју практичну вриједност.

Теоријски дио дисертације приказан је у *четвртном поглављу*, а базира се на значају и употреби изолационих апарата, њиховој намјени и принципу рада, саставу ваздуха у животној и радној средини, али и саставу продуката неконтролисаног сагорјевања—пожара и њиховог утицаја на човјеков организам. У овом поглављу, обрађени су и стандарди за компримовани медицински ваздух.

У *петом поглављу* обрађена су средства за заштиту органа за дисање, лица и очију, те је извршена њихова подјела на заштитна средства на бази филтрације (зависно окружење) и заштитна средства на бази изолације (независно окружење)-изолациони апарати на компримовани медицински кисеоник (регенерациони апарати затвореног система), компримовани медицински ваздух (изолациони апарати отвореног система).

Заштитна средства на бази изолације-изолациони апарати децидно су обрађени у *шестом поглављу* кроз историјски преглед од увођења у употребу до најсавременијих изолационих апарата затвореног система на компримовани медицински кисеоник и апарата код којих се кисеоник добија путем хемијске реакције. Приказани су и изолациони апарати отвореног система са посебним освртом на мониторинг корисника обе врсте изолационих апарата.

Врсте боца (челичне, полукомполитне и комполитне) за SCBA (Self Contained Breathing Apparatus – апарати за самостално дисање са сопственим резервоарима за ваздух без вањског напајања; нпр. довођење ваздуха помоћу цијевног система) и SCUBA (Self Contained Underwater Breathing Apparatus – апарати за самостално дисање под водом са сопственим резервоарима за ваздух; нпр. ронилачки апарати) апарате, као и поступак њихове израде, обрађен је у *седмом поглављу*. Називни притисци, ознаке на боцама, вијек употребе, оштећења на полукомполитним и комполитним боцама, потрошња ваздуха, прорачун количине компримованог медицинског ваздуха у боцама, одређивање минутне потрошње и прорачун времена проведеног испод површине воде системски су појашњени.

Осмо поглавље односи се на одржавање, контролу и подешавање SCBA i SCUBA апарата. Обрађени су превентивни прегледи склопова и подсклопова изолационих апарата прије употребе, редовни прегледи (који могу бити мјесечни или годишњи) и ванредни прегледи након пријевремене замјене дијелова или уочених отказа у систему.

У *деветом поглављу* дате су основне смјернице о компресорима високог притиска који се користе за пуњење SCBA i SCUBA апарата, називним притисцима, систему за филтрирање и систему за пуњење.

Посуда под притиском, њихова подјела, класе посуда под притиском, прорачуни, опрема посуда под притиском, сигурносна опрема, уређаји за редукцију притиска, означавање посуда под притиском, мјерни уређаји, преглед, означавање бојом у зависности од врсте гаса којим су испуњене, редовни и ванредни прегледи, резервоари компримованог медицинског ваздуха „банке ваздуха“, обрађене су у *десетом поглављу*.

Аналитички дио дисертације приказан је у *једанаестом поглављу*, гдје су дефинисани фактори који утичу на напонско стање и деформације цилиндричног омотача-материјала за израду челичне боце, затим основни модел, и одређена су три мјерна мјеста на цилиндричном дијелу челичне боце за спровођење истраживања.

Примјеном методе коначних елемената и дискретизацијом домена у *дванаестом поглављу* дефинисана је геометрија 3D модела посуде са мрежом коначних елемената, особинама материјала, оптерећењима унутрашњим притиском, са граничним условима-ослонцима. Генерисањем модела, вршен је прорачун, а затим и верификација добијених резултата 3D модела посуде. Линеарном анализом, добијени су резултати нумеричких прорачуна на претходно дефинисаним мјерним мјестима (ММ1-цилиндрични доњи дио боце, ММ2-цилиндрични дио на средини боце и ММ3-цилиндрични горњи дио боце), а затим су израђени дијаграми уздужних, тангенцијалних, радијалних и ефективних напона и дилатација.

Експерименталним истраживањима у *тринаестом поглављу* обухваћена су испитивања материјала челичне боце на кидалици за испитивање механичких карактеристика материјала (нелинеарна анализа) на претходно израђеним епруветама од материјала 30CrNiMo8 челика од којег је израђена челична SCBA боца, након чега су израђени $\sigma - \epsilon$ дијаграми за обе епрувете, а затим израчунате вриједности уздужних дилатација и контракција пресјека за сваку епрувету. Описани су мјерни уређаји који су кориштени у експерименталном истраживању, као и софтвер за обраду података и израђен план експерименталних истраживања (испитивање водом под притиском и на „банки ваздуха“) челичне и полукомполитне боце. Помоћу термовизијске камере, праћена је и анализирана дистрибуција топлоте као и колоризација приликом компресорског пуњења челичне SCBA и SCUBA боце и система са боцама, односно „банке ваздуха, а добијени резултати, приказани су табеларно и графички. Такође је праћена и анализирана дистрибуција топлоте и колоризација експанзија компримованог медицинског ваздуха из полукомполитне боце у околину. Дистрибуција дилатација код боца изолационих апарата при нормалним (на компресорима високог притиска) и брзим (на „банки ваздуха“) експанзијама компримованог медицинског ваздуха испитивана је на челичној и полукомполитној за SCBA апарате, док је испитивање за SCUBA апарате вршено само на челичној боци. На узорку материјала од којег је израђана челична боца SCBA апарата, извршено је испитивање хемијског састава материјала. Након постављања мјерних трака на челичну и полукомполитну боцу изолационих апарата, детектоване су уздужне, тангенцијалне и резултујуће дилатације на површини боца, водом под притиском и на „банки ваздуха“, при оптерећењу високим притисцима од 200 до 300 bar.

У *четрнаестом поглављу*, нумерички прорачун напона и дилатација у стјенкама посуде под притиском (боце за медицински ваздух) примјеном софтвера SolidWorksa., те експериментална примјена тензометријских трака за детекцију дилатација на вањској површини уздужних, тангенцијалних и резултујућих дилатација на површини боца. Промјена притиска у боци од 0 МПа до 20 МПа односно 30 МПа вршена је помоћу воде и медицинског ваздуха из „банки ваздуха“, Притисак у банци ваздуха се кретао од 250 МПа до 300 МПа. Интензитети дилатација на мјерним мјестима су идентификовани дигиталним мјерним ланцем у интервалу 0,02 секунде по мјерном мјесту. На основу тих идентификованих вриједности израђени су дијаграми дилатација у функцији промјене притиска у боци. Та експериментална истраживања су вршена на челичној и полукомполитној боци. У одговарајућим табелама приказане су температуре на челичној и полукомполитној

боци изолационих апарата, које су идентификоване на три мјерна мјеста, на цилиндричном дијелу обе врсте боца приликом брзог пуњења из „банки ваздуха“. Да би се доказао да ли оштећење на полукомполитној боци може утицати на безбједност њеног корисника, ако се оно санира помоћу епоксидне смоле, одабрана је полукомполитна боца са одређеним нивојем оштећења. Помоћу епоксидне смоле санирана су два оштећења на полукомполитној боци, која је затим оптерећена унутрашњим притиском воде на испитни притисак од 45 МПа, а након петоминутног оптерећења нису уочене деформације у зони санираних мјеста.

Петнаесто поглавље, Анализа резултата истраживања, анализе изолационих апарата отвореног и затвореног система, дискусију нумеричких резултата, факторе концентрације напона, анализу резултата експерименталних истраживања, дискусију експерименталних резултата, анализу резултата испитивања водом челичне и полукомполитне боце, анализу резултата испитивања на „банци ваздуха“ челичне и полукомполитне боце, потврђивање главне и помоћне хипотезе, дискусију основних научних циљева дисертације, као и будуће правце даљих истраживања у овој области.

У *шеснаестом поглављу*, сумирани су резултати теоријских и експерименталних сазнања и истраживања и изведени закључци. Такође, у овом поглављу су наведени и остварени научни доприноси ове дисертације.

- 1) Наслов докторске дисертације;
- 2) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације
- 3) Садржај докторске дисертације са страничењем;
- 4) Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графикона, број цитиране литературе и навести поглавља.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Разлози због којих су истраживања предузета, проблем, предмет, циљеви и хипотезе

У савременим условима, безбједност се третира као посебна организациона и друштвена вриједност у оквиру концепта друштвено одговорног пословања. Систем заштите и здравља на раду који у првом реду подразумјева безбједност на раду али и заштиту здравља и радне способности радника спречавањем и отклањањем опасности и штетности у радној средини је комплексан и динамичан систем. Резимирајући преглед стања у подручју истраживања поузданости техничких система, долази се до закључка да и поред бројних иницијатива и захтјева, овој проблематици није поклоњено довољно пажње. За анализу комплексних истраживачких захтјева техничких система могу да се користе методе које се заснивају на теорији поузданости. У оквиру ове дисертације, циљеви истраживања, реализовани су кроз примјену метода идентификације и систематизације, као и метода анализе отказа виталних (најкритичнијих) дијелова разматраног техничког система у одређеном временском периоду и планираним режимима рада (стационарним и мобилним). Приликом израде изолационих апарата, користе се савремени материјали који морају испуњавати специфичне услове попут: отпорности на кидање, цијепање, корозију, топлоту, ломове и што је најважније, отпорност на пламен, продукте сагоријевања, воду, хемијске и друге опасне и штетне материје са којима могу ступити у интеракцију током кориштења, док се највеће промјене уочавају у врсти материјала од којих се израђују витални дијелови. Поред конвенционалних материјала у употребу се уводе и нове врсте материјала – композити. Од ових материјала израђују се боце за компримовани медицински ваздух и носачи апарата, а одликује их отпорност на топлоту и механичка оштећења,

као и мања маса (око 50 %) у односу на конвенционалне материјале. Полукомполитне боце израђују се наизмјеничним намотавањем карбонских и стаклених валкана око алуминијумске основе (боце/цилиндра), док су комполитне боце исте структуре као и полукомполитне, само са термопластичном основом. На поменутиим врстама боца, као и на челичним боцама, налази се вентил за обезбјеђење протока ваздуха са интегрисаним механизмом против случајног затварања током употребе, односно интервенисања. Предност полукомполитних и комполитних боца у односу на челичне боце, огледа се првенствено у мањој маси, док су на боцама новије генерације уграђени транспондери помоћу којих се електронским путем приступа подацима приликом тестирања. Све три врсте боца, подложне су обавезном тестирању једном годишње, као и редовном прегледу прије употребе, а сваке пете године, врши се замјена вентила боце, као и испитивање исте водом под притиском.

Боце изолационих апарата могу се пунити компресорима високог притиска (200 и 300 bar) компримовањем ваздуха из околине и филтрирањем кроз систем филтера, чиме се добија компримовани медицински ваздух, или на „банкама ваздуха“.

Акцент се ставља на смањење временског интервала – одсуства из акцидентне ситуације ради замјене потрошених боца, пуним, односно у употребу су уведени нови технички системи – акумулатори ваздуха, тзв. „банке ваздуха“ које могу бити стабилне (у компресорским станицама) или мобилне (нпр. у возилима за гашење пожара у тунелима или на бродовима). Нарочит проблем се јавља при успостављању везе између боца „банке ваздуха“ која је под притиском 30 МПа и боца које се пуне из те банке ваздуха, у којима је тренутни притисак испод 2 МПа, док вријеме изједначавања притиска при протоку флуида представља битан параметар у безбједности присутних у тренутку пуњења боца изолационих апарата. Самим тим, акценат истраживања, усмјерава се на овај феномен, односно доњу временску границу пуњења боца изолационих апарата у сврху повећања безбједности корисника.

Постављене хипотезе дају могућности за дефинисање поступка техничке дијагностике разматраног техничког система, које обезбјеђују максималну ефикасност његовог радног процеса.

Разматрање предметног проблема истраживања заснивало се на доказивању слиједећих хипотеза:

- Главна хипотеза:
 - Термичке дилатације проузроковане експанзијама компримованог медицинског ваздуха из „банки ваздуха“ неће проузроковати трајне механичке деформације на боцама изолационих апарата SCBA (челичним, полукомполитним и комполитним) и SCUBA челичним боцама при контролисаном градијенту протока ваздуха.
- Помоћна хипотеза:
 - Оштећења на полукомполитним и комполитним боцама (до 12 процената од дебљине стијенке) настала механичким утицајима, након санирања епоксидним смолама без додавања стаклених или карбонских влакана, биће безбједна ако задовољи испитивање хладном воденом пробом, односно након излагања притиску који је за 50 процената већи од називног притиска ваздуха у боци.

Преглед претходних истраживања

Проблематиком безбједности на раду баве се многи страни и домаћи аутори, а у суштини сви они дефиницију безбједности на раду темеље на појмовима ризика, утврђивања опасности на радном мјесту и у радној средини, процјени ризика и на

основу процјене утврђивања потребних мјера заштите на раду. Безбједност на раду и заштита на раду су у обостраној и нераскидивој корелацији и не могу се посматрати одвојено, јер стање безбједности зависи од провођења мјера заштите на раду с циљем смањења ризика. Унапријеђење и оптимизација било којег система па тако и система безбједности на раду треба да се заснива на добром познавању теоријске основе и елемената од којих се тај систем састоји. Нажалост, у области изолационих апарата, односно заштити органа за дисање, лица и очију може се закључити да се веома мали број аутора фокусирао на ову област. Такође из опширне анализе досадашњих истраживања, може се закључити да још увијек нису успостављени довољно поуздани модели понашања излазних величина при експанзијама компримованог медицинског ваздуха из „банки ваздуха“ и да ли ће проузроковати трајне механичке деформације на боцама изолационих и ронилачких апарата при контролисаном градијенту протока ваздуха који је веома битан по безбједност корисника истих.

Према [1], вршено је упоређивање дозвољених напона и деформација за посуде под притиском према српским и европским стандардима за стијенку цилиндричног омотача.

У [2, 4, 13, 14, 16, 20, 23] се истиче да је заштита органа за дисање, лица и очију од пресудног значаја за безбједност корисника током интервенисања с циљем промовисања и одржавања највишег степена безбједности и здравља на раду, чиме се стварају услови за избјегавање настанка акцидената, повреда на раду и оштећења здравља ватрогасаца, као и фактора ризика који утичу на њихову безбједност уопште. Кроз разматрање ризика технолошких система, представљен је значај у одржавању истих, као примјена у пракси кроз заштиту крајњих корисника.

Безбједност на раду и заштита здравља према [3, 10, 11, 12, 17, 18 19, 27] одређује се као систем техничких, здравствених, педагошких и других активности, помоћу којих се уочавају и отклањају опасности и штетности које могу да угрозе живот и здравље особа на раду, приликом компримовања ваздуха из околине. Нарочито је значајно редовно одржавање система филтрирања на компресорима високог притиска, како би се избјегло стварање услова за развој патогених и условно патогених микроорганизама. Осврт је дат и на штетни утицај продуката сагоријевања опасних материја на особе које учествују у отклањању акцидентних ситуација.

У раду [5] је наведен значај термовизијских камера како у ватрогасним јединицама, тако и у овом истраживању, које се односи на читавање термограма приликом пуњења боца изолационих апарата и „банке ваздуха“, као и колоризацију истих.

Истраживања која су проведена при изради ове дисертације и која су предмет овог истраживања, обрађена кроз [6, 7 и 15], односе се на дистрибуцију топлоте и напона на стијенкама као последице дјеловања унутрашњег притиска на стијенке цилиндричних омотача посуда под притиском. Савременим приступом анализирани су резултати истраживања, а на основу истих, креирани су закључци и дате смјернице за њихову примјену у пракси у сврху повећања безбједности постојећих система и стварања безбједних услова рада.

Кроз системски приступ [8, 24, 25 и 26] анализирана су својства материјала од којег је израђена челична боца изолационог апарата која су имплементирана при изради нумеричког модела боце уз примјену квантитативних и квалитативних показатеља. Примјеном комплексних и информационих система вршена је математичка обрада података.

У радовима [9, 21, 22] теоријски је приступљено интерпретацији ронилачке опреме, значају и примјени у пракси акумулатора ваздуха, односно „банки ваздуха“.

У докторској дисертацији дата је комплетна листа литературних података, а у претходном дијелу текста, коришћени су следећи литерарни извори:

- [1] A. Đerić; J. Nikolić; N. Mitrović; M. Balać; A. Petrović; *Comparative Display of Calculation and Result analysis for Pressure Vessels According to Serbian and European Standards – cylindrical Shells*; Structural Integrity and Life, Vol. 12; 10th International Conference on Multiaxial Fatigue and Fracture; Kyoto, Japan; 2013.
- [2] A. Majstorović; *Safety parts of body to respiration with breathing apparatus in dangerous zone*; 10th Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2011.
- [3] A. Majstorović; *Microbiological Analysis of Compressed Medical Air*; 11th International Conference of Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2013.
- [4] A. Majstorović; *The Safety Using of Breathing Apparatus in Accident's Situations*; Lambert Academish Publishing; Saarbrücken; Germany; 2014.
- [5] A. Majstorović; *Thermal Imagers and their Appliance in the Fire Units*; 12th International Conference of Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2015.
- [6] A. Majstorović; M. Todić; *The Heat Distribution at Compression Filling of Bottles and Expansion of medical Air*; 13th International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2017.
- [7] A. Majstorović; M. Todić; *Distribution of Tnsion in Bottles ob Breathing Apparatus During Normal and Fast Expansion of Compressed Medical Air*; 14th International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2019.
- [8] D. Ćorić; Ž. Alar; *Odabrana svojstva iz mehaničkih svojstava materijala-predavanja*; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb, 2016.
- [9] DAN Europe; *Oxygen First Aid for Scuba Diving Injuries 2005*; Divers Alert Network.
- [10] D. Stojanović; *Zaštita od požara i eksplozija*. Naučnoistraživačka radna organizacija; Institut zaštite od požara i eksplozije; Sarajevo; 1988.
- [11] K. Popović; D. Vasiljević-Krušedolac; *Evaluation of Health Condition of Fireman's*; 8th Yugoslav and 5th International Conference on Fire and Explosion Protection. Institut za tehnologiju zaštite Novi Sad; Viša tehnička škola, Novi Sad; 2002.
- [12] M. Bogner; O. Popović; *Kompresorska postrojenja*; Atlas Copco; Beograd; 2008.
- [13] M. Dubravac; *Basics of respiratory system protection*. Fire school; Ig; Ljubljana; 2009.
- [14] M. Todić; T. Latinović; B. Đurović; A. Majstorović; *Security Aplications o Insulation Masks*; 13th International Conference of Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering; University of Banjaluka; Faculty of Mechanical Engineering; Banjaluka; 2017.
- [15] M. Todić; T. Latinović; B. Đurović; A. Majstorović; *Security of bottle to fill in a high pressure air*; International Conference on Applied Science ICAS 2017; IOP Publishing.
- [16] N. Hrvačić; *Sprave za zaštitu dišnih organa*. Centar za stručno obrazovanje vatrogasnih kadrova; Zagreb; 1977.

- [17] O. Berger; M. Jovanović; B. Kocić; M. Kulauzov; M. Nedeljković; M. Otašević; J. Pecić; M. Švabić-Vlahović; *Specijalna bakteriologija*. Savremena administracija; Beograd 1997.
- [18] O. Stojanović; N. Stojanović; Đ. Kosanović; *Štetne i opasne materije*. Izdavačka radna organizacija "Rad" Beograd; 1984.
- [19] P. Murray; E. Baron; M. Pfaller; F. Tenover; R. Tenover; *Manual of clinical Microbiology*. ASM Press; Washington D.C. 1998.
- [20] R. Karkalić; M. Blagojević; Ž. Mitić; *Implementation of Modern Self-Contained Breathing Apparatus in Emergencies*. 1st International Scientific on Safety Engineering and 11th International Conference on Fire and Explosion Protection; Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu; Novi Sad; 2008.
- [21] S. Gošović; G. Gošović; *Priručnik za komercijalna i mornarička dubinska ronjenja*. Sveučilišna knjižnica u Splitu; Split; 2008.
- [22] S. Gošović; *Priručnik za profesionalna i vojna ronjenja*. Graform; Split; 1997.
- [23] S. Veljković; *Risk Factors and Their Effect on Assortment Personal Protective Equipment for firefighters Unit*. 10th International Conference on Fire and Explosion Protection; Institut za tehnologiju zaštite Novi Sad; Viša tehnička škola; Novi Sad; 2006.
- [24] S. Švaić; Monografija „*Oprema pod tlakom*“; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb; 2006.
- [25] S. Vučić; *Oprema pod tlakom*; Hrvatska komora inženjera strojarstva; Zagreb 2010.
- [26] T. Filetin; F. Kovačiček; J. Indof; *Svojstva i primjena materijala*; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb; 2013.
- [27] V. Kostić; *Zapaljive i druge opasne materije*. Udruženje publicista Beograda; Beograd; 1980.

Допринос тезе рјешавању проблема из домена изучаваног предмета истраживања

Значај рада огледа се у специфичности саме методологије испитивања посуда (челичне и полукомполитне боце) изложених дејству унутрашњег притиска примјеном методе испитивања тензометријским тракама при нормалним и брзим експанзијама компримованог медицинског ваздуха, као и након санирања оштећења на полукомполитној боци изолационог апарата, а у сврху повећања безбједности корисника. Такође, значај рада се огледа у упоредној анализи добијених резултата израдом нумеричког модела посуде, као и анализи резултата добијених експерименталним путем у реалним условима.

Резултати овог истраживачког рада дају допринос процесу унапређења безбедности и поузданости ове врсте техничких система, који се заснива на побољшању перформанси заштите на раду приликом руковања и кориштења посуда изложених дејству унутрашњег притиска, у ватрогасним јединицама.

При истраживању, постављен је нумерички модел заснован на анализи теоријских сазнања, законске регулативе, праксе и функционисања. Највећи напони на нумеричком моделу за оптерећење унутрашњим притиском од 30 МПа, детектовани на сва три мјерна мјеста и имају једнаке вриједности, док се нешто мање вриједности напона јављају на прелазу са цилиндричног на торисферни дио челичне боце.

У оквиру нумеричких прорачуна за напријед наведено оптерећење, вршена је линеарно статистичка анализа, а увидом у графичке интерпретације, уочава се линеарна промјена напона са промјеном оптерећења.

Вриједности Мизесових деформација израчунате су методом коначних елемената на посуди цилиндричног облика (челичној боци изолационог апарата), а затим је

вршено њихово поређење са вриједностима добијеним експерименталним путем, чиме је доказано да се материјал од којег је предметна боца израђена у току оптерећења унутрашњим притиском налази у подручју еластичности, а да су у посматраним зонама, напони радних оптерећења испод дозвољеног напона.

Метода мјерних трака у експерименталном дијелу ове дисертације кориштена је за мјерење локалних деформација, помоћу којих се може математичком релацијом израчунати еквивалентни напон у сврху потврђивања вриједности Мизесових напона добијених нумеричком методом.

Анализама напонско-деформационих стања омотача челичне и полукомполитне боце изолационих апарата изложених унутрашњем притиску водом и компримованом медицинском ваздуху на „банки ваздуха“ створена је подлога експерименталних резултата детектованих локално (у једној тачки) у уздужној и тангенцијалној равни на вањском плашту обе боце.

Теоријска сазнања и практична искуства требало би да допринесу усавршавању континуиране едукације са циљем подизања свијести, одговорности и обучености запослених у ватрогасним јединицама.

Сваки технички систем у себи носи велику потенцијалну опасност од могуће појаве отказа и хаварија, опасних по непосредне кориснике, али и ширу околину. Поузданост техничког система одређује трајање временског интервала у којем ће систем функционисати без отказа, док истраживања усмјерена на повећање степена поузданости и управљање поузданошћу током животног вијека објекта, имају за циљ дефинисање мјера заштите и њихову оптимизацију са аспекта истовременог обезбјеђења економичности експлоатације и испуњавање сложених законских прописа везаних за заштиту животне средине, као и сигурност микро и макро региона.

Дисертација обухвата теоријска, емпиријска и практична истраживања челичне и полукомполитне боце изложених дејству унутрашњег притиска током пуњења компримованим медицинским ваздухом, при чему долази до повећања топлоте истих, која је у функцији времена пуњења и материјала од којег су израђене стијенке, док је вријеме пуњења у функцији запремине и називног притиска боце.

- 1) Укратко истаћи разлог због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе;
- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);
- 3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;
- 4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Дисертација обухвата теоријска, емпиријска и експериментална истраживања челичне и полукомполитне боце изложених дејству унутрашњег притиска током пуњења компримованим медицинским ваздухом, при чему долази до повећања топлоте истих, која је у функцији времена пуњења и материјала од којег су израђене стијенке, док је вријеме пуњења у функцији запремине, називног притиска боце и извора пуњења. Класично пуњење са компресорима и брзо пуњење путем банке ваздуха под називним притиском 30 МПа.

Теоријска истраживања обухватају сљедеће кораке:

- преглед досадашњих доступних истраживања опреме за заштиту органа за дисање, лица и очију, са посебним освртом на ризике приликом употребе;

- врсте боца за SCBA и SCUBA апарате и израда истих, техничке карактеристике, испитивање, потрошњу компримованог медицинског ваздуха;
- рокове, поступке и начин контроле и одржавања SCBA и SCUBA апарата;
- компресоре високог притиска (називног притиска 22,5 МПа до 330 МПа) за пуњење боца и „банки ваздуха“ компримованим медицинским ваздухом;
- посуде под притиском: подјела, класе, опрема посуда под притиском, резервоаре компримованог ваздуха „банке ваздуха“;
- аналитички прорачун геометрије посуде под притиском, избор материјала, израда основног модела и одређивање мјерних мјеста;
- дефинисање геометрије модела посуде под притиском примјеном методе коначних елемената, дефинисање особина материјала посуде под притиском, оптерећења, ослонци-гранични услови, резултате нумеричке анализе, линеарна анализа и резултате нумеричких прорачуна за мјерна мјеста 1, 2 и 3.

У реализацији теоријских истраживања коришћене су сљедеће методе: анализа садржаја, компаративна метода и системска анализа. Поступком системске анализе дефинисан је постојећи систем заштите органа за дисање, лица и очију са својим елементима, а посебно су издвојени системи подешавања, контроле и одржавања. Анализом су обухваћени изолациони апарати затвореног и отвореног система, дискусије нумеричких резултата и фактори концентрације напона. Подаци за системску анализу добијени су анализом теорије, постојеће законске регулативе и резултата емпиријског истраживања и искустава из праксе.

Експериментална истраживања су проведена на Катедри за инжењерство заштите радне средине, Машинског факултета, Универзитета у Бањој Луци (испитивање водом под притиском) и у компресорској станици Ватрогасне бригаде Бања Лука (испитивање на компресорима високог притиска и на „банки ваздуха“).

У овој дисертацији при извођењу експерименталних истраживања, кориштени су мјерни уређаји:

- Универзални уређај, VOLTCRAFT DT 8820, за мјерење освијетљености, температуре, релативне влажности и буке;
- Термовизијска камера FLIR K65, за мјерење температуре околине, боца, „банке ваздуха“ и компресора високог притиска при нормалним и брзим експанзијама компримованог медицинског ваздуха;
- Уређај за претварање сигнала и аквизицију података Quantum MX440A, за обрађивање сигнала, односно информација о уздужним, тангенцијалним или резултујућим деформацијама;
- Мјерне траке XY31-6/120 за експерименталну анализу са два мјерна влакна за двоосно стање познатог правца уздужних, тангенцијалних или резултујућих деформација;
- Давач и трансмитер притиска HBM 1-P31C/3000 bar за притиске 10-3000 bar.
- Хитраулична мануелна тестна пумпа односно генератор високог притиска CPP 700-H за испитивање притиска у боцама водом;
- Механичка кидалица Messphysik Beta 200 за испитивање механичких карактеристика челичне SCBA боце.

Припрема и извођење истраживања на Машинском факултету и у Ватрогасној бригади извршени су према сљедећим корацима:

- израда плана експерименталних истраживања;
- прикупљање и припрема мјерне опреме;
- непосредно прије извођења експерименталног дијела, извршене су неопходне припреме: вагање напуњених посуда под притиском (челичних и

- полукомполитних боца), мјерење нивоа буке, на вентилима боца приликом испуштања ваздуха, вагање боца након испуштања компримованог медицинског ваздуха и демонтажа вентила за отварање/затварање боца;
- уклањање слоја заштитне боје до материјала од којег су израђене боце (челик и композит) и одмашћивање;
 - лијепљење мјерних трака, провјера отпора и нумерисање мјерних мјеста (мјерно мјесто 1 – цилиндрични дио при дну боце, мјерно мјесто 2 – средина боце, мјерно мјесто 3 – цилиндрични дио при врху боце);
 - излагање челичне и полукомполитне боце унутрашњем притиску воде (20 и 30 МПа);
 - излагање челичне и полукомполитне боце унутрашњем притиску компримованог медицинског ваздуха на компресорима високог притиска и на „банкама ваздуха“ (20 и 30 МПа);
 - мјерење температуре на мјерним мјестима SCBA и SCUBA боца приликом пуњења на компресору високог притиска и на „банки ваздуха“;
 - мјерење температура боца „банке ваздуха“ приликом пуњења компримованим медицинским ваздухом;
 - мјерење температуре компресора приликом пуњења „банке ваздуха“;
 - мјерење температуре полукомполитне боце и на вентилу боце приликом испуштања компримованог медицинског ваздуха из боце у околину;
 - испитивање хемијског састава материјала челичне боце;
 - израда епрувета од материјала од којег је израђена челична боца ради испитивања механичких карактеристика материјала;
 - испитивање материјала челичне боце на кидалици за испитивање механичких карактеристика материјала – нелинеарна анализа;
 - санирање механичких оштећења на полукомполитној боци;
 - испитивање полуполитне боце водом под притиском (45 МПа) након санирања оштећења.

На основу прикупљених података и анализе експерименталних истраживања, извршена је детаљна анализа добијених резултата. Припрема података за математичку обраду извршена је у Microsoft Excelu, а обрада у програмском пакету Catman Easy. Овај софтверски пакет је адекватан и стандардан алат за експерименталну обраду података (деформација) кориштен за случај оптерећења воденим притиском и притиском компримованог медицинског ваздуха. У статистичкој обради је коришћено више статистичких параметара који су допринијели да се истраживани материјал обради са више аспекта.

Методом вишекритеријумске анализе, дефинисана је методологија за оптимизацију модела челичне посуде под дејством унутрашњег притиска (30 МПа) на основу анализе теоријских препорука, нумеричких прорачуна, стандарда, праксе и начина израде.

Примијењене методе истраживања и кориштена опрема и технике су у складу са савременим трендовима који се користе у испитивању материјала и области безбједности и заштите на раду.

Подаци добијени истраживањем, математички и статистички су обрађени на одговарајући начин, приказани илустровано, графички и табеларно.

- 1) Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала;
- 2) Дати кратак увид у примјењени метод истраживања при чему је важно оцијенити следеће:
 1. Да ли су примјењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетским нивоима;
 2. Да ли је дошло до промјене у односу на план истраживања који је дат приликом пријаве докторске тезе, ако јесте зашто;

3. Да ли испитивани параметри дају довољно елемената или је требало испитивати још неке, за поуздано истраживање;
4. Да ли је статистичка обрада података адекватна.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање теоријско-емпиријског карактера изложено у оквиру ове дисертације спроведено је са циљем систематизације релевантних теоријских сазнања и добијања нових научних спознаја које могу бити непосредно примјене у пракси.

Унапређење система безбједности на раду је значајно не само да би се смањио број повреда на раду, професионалних болести и других видова оштећења здравља радника, ради очувања људског потенцијала, његовог економског учинка у стварању вишка вриједности у производном систему, већ има и шири друштвени значај због постојања великог броја заинтересованих страна које у њему учествују.

Резултат истраживања је креирање модела управљања овом специфичном врстом техничког система у функцији безбједности на раду током употребе. Модел је објашњен графичким приказом, математичком формулацијом и текстуално је описан. Технички системи који су обрађивани у докторској дисертацији и процеси провођења активности при кориштењу истих, оптимизовани су на основу смјерница добијених из анализе теоријских препорука, законских регулатива, практичне употребе и на основу статистичке обраде и анализе резултата добијених нумеричким и експерименталним путем.

Научни допринос истраживања огледа се у новом приступу прикупљању знања и анализи стања ове врсте техничког система и безбједности на раду, коришћењем одговарајућих показатеља, едуковањем и укључивањем крајњих корисника у тај процес.

Прикупљена сазнања омогућавају да се предвиде неопходне превентивне мјере у циљу унапређења безбједности рада и квалитета радне средине. Нова сазнања требало би да допринесу побољшању безбједности са циљем да се подигне ниво ефикасности система заштите, као и укупни квалитет у систему ове специфичне радне средине. Дате су смјернице за оптимизацију времена пуњења боца при контролисаном градијенту протока компримованог медицинског ваздуха, који омогућава нормалан и несметан ток при пуњењу и кориштењу боца изолационих апарата.

Практични допринос истраживања огледа се у:

- анализираним резултатима нумеричких и експерименталних истраживања који се могу сврстати у област мултидисциплинарних истраживања праћењем савремених трендова у међународним стандардима у сврху побољшавања перформанси квалитета и безбједности у радној средини;
- приликом брзог пуњења боца на „банки ваздуха“, температура боца се повећава за сса 20° С и нема утицаја на промјену напонско-деформационог стања у материјалима од којих се ове боце израђују;
- при брзом пуњењу полукомполитних боца на „банки ваздуха“ у односу на класично пуњење (на компресору високог притиска), промјена градијента пораста напона до 10 % брзо расте, након чега је пораст деформација равномјеран;
- механичка оптерећења полукомполитне боце која се налази у границама (димензија Ø 158×515 mm), послје репарације нема утицај на погоршање безбједности корисника;
- доказ да брзина пуњења боца у разматраном временском периоду нема значајан утицај на промјену пораста напонског стања у стијенкама боце;

- разлог мањег интензитета деформација између дна и цилиндра боце је због ојачане структуре материјала приликом израде боце и због геометријског облика на мјерном мјесту;
- при прописаним процедурама кориштења и одржавања ових акумулатора (боца), безбједност корисника је на задовољавајућем нивоу.

Резултати истраживања до којих се дошло су значајни и примјењљиви не само на нивоу кориштења у ватрогасним јединицама, већ могу имати и шири значај ако се искористе за унапређење у области роњења.

Даља истраживања у предметној области су усмјерена на:

- обзиром да су посуде које су биле предмет експерименталних истраживања биле изложене различитим врстама оптерећења током употребе (оптерећење унутрашњим притиском, разним механичким утицајима, као и дејству топлоте) у наредним истраживањима, вршити истраживање утицаја унутрашњег притиска при њиховој изложености вањским динамичким и статичким оптерећењима;
- потребно је извршити истраживања на композитним боцама. Ово су боце новије генерације са термопластичном основом, док им је вањска структура иста као и код полукомпозитних боца;
- повећање градијента протока компримованог медицинског ваздуха при пуњењу боца на „банци ваздуха“, односно на скраћење времена пуњења боца, што представља подлогу за разматрање поузданости примјене тзв. смањења времена пуњења боца изолационих апарата компримованим медицинским ваздухом у акцидентним ситуацијама са повећањем нивоа безбједности изолационих апарата по корисника;
- приликом микробиолошких испитивања компримованог медицинског ваздуха из боца изолационих апарата и на компресорима високог притиска, изоловани су убиквитарни (налазе се свуда) условно патогени (безопасни до одређеног броја изнад којег могу код људи и животиња изазвати разна обољења) микроорганизми, као и плијесни, који повећањем концентрације изнад дозвољене границе, могу код корисника изазвати разна обољења. Поменути микроорганизми су изоловани на универзалној подлози од агара (полисахарид састављен од великог броја молекула галактозе), тако да би се наредна истраживања могла базирати на засијавању на другим врстама подлога (нпр. крвна, жучни бујон, чоколадна и сл.) како би се испитала могућност изоловања патогених миктоорганизама из компримованог медицинског ваздуха са најмање двије боце по врсти (челична, полукомпозитна и композитна) у циљу упоређивања резултата;
- вршење физичко-хемијских испитивања компримованог медицинског ваздуха из боца изолационих апарата, као и на компресорима високог притиска, са најмање двије боце по врсти, како би се могли упоређивати резултати квалитете компримованог медицинског ваздуха;
- испитивање нивоа притиска који доводи до разарања цријева (изолационих апарата) високог и средњег притиска као последице застарјелости материјала или отказа сигурносног вентила на регулатору притиска.

1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;

2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;

3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

Кандидат мр Александар Мајсторовић обрадио је систематично, научно и професионално ову актуелну тему и дошао до података који су резултат самосталног научноистраживачког рада. Главни допринос рада огледа се у оптимизацији управљања системом безбједности приликом пуњења SCBA и SCUBA боца у сврху подизања нивоа безбједности у радној средини и ефикасности и ефективности провођења активности заштите на раду. Постављени циљеви истраживања су остварени, а хипотезе доказане.

Дисертација је јасно написана, а резултати истраживања су документовани и приказани илустрацијама, табеларно и графички.

С обзиром на актуелност теме и мали број истраживача у овој области, а нарочито на нашим просторима, те на основу укупне оцјене ове докторске дисертације, комисија даје позитивну оцјену о завршеној докторској дисертацији под називом „Безбједност изолационих апарата при експанзији компримованог медицинског ваздуха“ кандидата мр Александра Мајсторовића и са задовољством предлаже Наставно-научном вијећу Машинског факултета и Сенату Универзитета у Бањој Луци да прихвати позитивну оцјену докторске дисертације и одобри усмену одбрану.

- 1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;
- 2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:
 - да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
 - да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се докторска дисертација одбија.

Бања Лука, Ниш, 15.08.2022.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. -----
Др Здравко Миловановић, редовни професор,
Универзитет у Бањој Луци, Машински
факултет, предсједник
2. -----
Др Младен Тодић, редовни професор,
Универзитет у Бањој Луци, Машински
факултет, – ментор, члан
3. -----
Др Дарко Кнежевић, редовни професор,
Универзитет у Бањој Луци, Машински
факултет, члан
4. -----
Др Евица Стојиљковић, редовни професор,
Универзитет у Нишу, Факултет заштите на
раду у Нишу, члан
5. -----
Др Биљана Врањеш, доцент, Универзитет у
Бањој Луци, Машински факултет, члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај, јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложење, односно разлог због којих не жели да потпише извјештај.