

CILJEVI, STRUKTURA I TROŠKOVI FUNKCIJE ODRŽAVANJA MAŠINA U INDUSTRIJI REGIJE I U SVIJETU

Prof. dr. Živoslav Adamović, email: adamovic@tfzr.uns.ac.rs

Doc. dr. Nikola Manojlović, e-mail: nikolad.manojlovic@gmail.com

MA Srđan Marinković, e-mail: srdjan.marinkovich@gmail.com

Sažetak: U radu su dati ciljevi i struktura funkcije održavanja u našoj industriji i u svetu. Prezentovani su troškovi održavanja i predložena je tehnička dijagnostika kao postupak koji može mnogo da pomogne da se smanje zastoji i havarije, takođe da se povisi nivo pouzdanosti svih tehničkih sistema.

Ključne riječi: *Održavanje, dijagnostika, tehnički sistem, troškovi, tehnologija, popravljane.*

OBJECTIVES, STRUCTURE AND COSTS OF THE MACHINE MAINTENANCE FUNCTION IN THE INDUSTRY OF THE REGION AND IN THE WORLD

Abstract: In this work are given aims and the function of maintenance in our industry and in the World industry. Presented expelles of maintenance and suggested the possibilities of technical diagnostics as one ways which can help much in reduction of interruptions and deffectis and improvement of all technical system.

Keywords: *maintenance, diagnostics, technical system, costs, technology, repair.*

1. CILJEVI TEHNIČKOG ODRŽAVANJA MAŠINA

Osnovni zadaci održavanja počinju projektovanjem, konstruisanjem i izradom tehničkog sistema koji treba da imaju povoljnu karakteristiku, da bi se umanjio i usporio proces habanja i trošenja, povisio nivo eksploatacione pouzdanosti u radu i produžio životni ciklus sistema. Proces trošenja i habanja sistema je jedan od uzroka što tehničko održavanje mora da postoji u životnom ciklusu sistema. Proizvođač sistema mora da vodi računa da trošenje bude u granicama projektovanog a korisnik da osigura uslove da trošenje za vreme procesa eksploatacije što manje dođe do izražaja. Svrsishodnost tehničkog održavanja može da se sagleda samo kroz efektivnost osnovnog procesa proizvodnje, tako da troškovi tehničkog održavanja i troškovi zbog zastoja u proizvodnji budu što manji a produktivnost proizvodnje što veća. Zbir svih troškova po jedinici kapaciteta (proizvoda) nastalih zbog projektovanja, eksploatacije i održavanja tehničkog sistema, nezavisno od vremena i mesta gde su nastali, preko planiranog životnog ciklusa (veka trajanja), moraju težiti nekom minimumu.

Koristeći tehničko održavanje za obezbeđenje osnovnog procesa proizvodnje preuzima se puno međusobno zavisnih zadataka (ideoloških, tehničkih, tehnoloških, organizacionih i ekonomskih) [1, 3].

Održavanje mora efikasno raditi na sprečavanju i otklanjanju otkaza (stanja u otkazu). Otkazi se načelno sprečavaju preventivnim održavanjem, a otklanjaju se korektivnim ili kombinovanim održavanjem.

Tehnički sistemi za proizvodnju se sve više mehanizuju i automatizuju, što znači da moraju da rade što pouzdanije. Zbog toga se naglo širi pojam održavanja i pri tome se može reći da je održavanje proces koji omogućava upravljanje tehničkim stanjem i pouzdanošću u toku čitavog životnog ciklusa sistema. Dalje ciljevi održavanja zalaze i u sferu ekonomije poslovanja, pa se iskazuje u vidu racionalizacije i načelno su merljivi. Zbog svega toga, savremena nauka proces održavanja sve više izučava i podiže na viši nivo značajnosti u privredi i u društvu.

Osnovni ciljevi koji treba da se postignu procesom održavanja su [1, 3]:

- Obezbeđenje (maksimiziranje) potrebnog nivoa pouzdanosti tehničkih sistema u procesu eksploatacije,
- Minimiziranje ukupnih troškova održavanja (direktnih i indirektnih),
- Sprečavanje i ograničavanje zastarevanja tehničkih sistema,
- Zajedničko učešće (sa svim funkcijama u preduzeću) u upravljanju proizvodnjom i finansijama,
- Postizanje boljeg kvaliteta proizvoda,
- Povećanje produktivnosti rada u proizvodnji,
- Povećanje nivoa motivisanosti za rad (neispravni tehnički sistemi izazivaju loše stanje i odnose, čak i nezgode, kako u samom preduzeću tako i u njegovom okruženju),
- Čuvanje svih raspoloživih resursa u preduzeću,
- Isporuka proizvoda kupcima na vreme i dr.

Kada se govori o jedinstvu funkcija održavanja i proizvodnje, kao jedinstvenom činiocu proizvodnje, onda treba imati u vidu sledeće osnovne postavke:

- Ukupna funkcije proizvodnje sastoji se od zbira aktivnosti proizvodnje i održavanja podržanih od ostalih aktivnosti preduzeća (poslovi razvoja, marketinga, finansija itd.),
- Funkcija održavanja (bez obzira kako je organizaciono postavljena) ne predstavlja uslužnu delatnost, nego ima proizvodni karakter,
- Radnici u održavanju su proizvodni radnici,
- Poslovi održavanja savremenih tehničkih sistema su multidisciplinarne prirode i zahtevaju stručnu radnu snagu nego klasični poslovi proizvodnje.

2. STRUKTURA FUNKCIJE TEHNIČKOG ODRŽAVANJA MAŠINA

Pri definisanju održavanja kao funkcije treba utvrditi, za konkretan slučaj, sve neophodne delove koji tu funkciju čine. U organizacionom struktuiranju jednoj celini može se delegirati jedan ili više delova funkcije održavanja, ili se pak, jedan deo funkcije može delegirati, u cilju

realizacije, u vidu organizacionih celina. Tako se funkcija održavanja može podeliti na jednostavnije delove i to [1, 3]:

2.1. Prema karakteru grupe aktivnosti:

- Neposredno održavanje (aktivnosti koje se izvode na samom tehničkom sistemu),
- Posredno održavanje (aktivnosti održavanja se ne izvode na samom tehničkom sistemu – izradi rezervnih delova i slično).

2.2. Prema cilju koji se želi ostvariti:

- Korektivne aktivnosti održavanja, koje se preduzimaju u cilju vraćanja sistema iz stanja „u otkazu“ na stanje „u radu“,
- Preventivne aktivnosti održavanja, koje se izvode sa ciljem da se spreči nastajanje stanja „u otkazu“.

2.3. Prema metodologiji izvršavanja radnih zadataka [9]:

- Neplanirano održavanje (aktivnosti koje se izvode bez određenog plana, od slučaja do slučaja),
- Planirano održavanje (po konstantnom datumu),
- Održavanje prema tehničkom stanju (aktivnosti održavanja za upravljanje tehničkim stanjem i pouzadnošću u procesu eksploatacije sistema),
- Teledijagnostika mašina.

2.4. Prema izvorima finansiranja:

- Tekuće održavanje (obuhvata osnovno održavanje od strane rukovaoca, preventivne periodične preglede, podmazivanje, tehničku dijagnostiku, kontrolne preglede, otklanjanje slabih mesta, opravke i dr.) – finansira se iz obrtnih sredstava,
- Investiciono održavanje (velike opravke i profilakse) – finansira se iz amortizacije osnovnih sredstava.

3. RAZVOJ TEHNIČKOG ODRŽAVANJA

U početku industrijskog razvoja, kada je izmišljena parna mašina, funkcija održavanja, u smislu preventive, nije postojala. Same intervencije, koristeći današnju terminologiju bile su hitne, tj. izvodile su se kada je otkaz već nastao, popravka je bila poverena, vrlo često, samom rukovaocu. Kasnije se formiraju i grupe održavalaca.

Vremenom razvile su se i radionice koje su intervenisale na poziv radnika iz proizvodnih celina (pogona). Još i danas postoje tragovi ovog postupka, naročito kod malih i srednjih preduzeća, gde se održavanje još uvek smatra delom opšteg servisa, odnosno smatra se da su aktivnosti usluga jedan od zadataka održavanja.

O održavanju, u modernom smislu, počinje da se govori, nakon posleratne obnove pedesetih godina prošlog veka, na osnovu tada novih saznanja iz SAD. Dok se proizvodnja racionalizuje u održavanju se shvata da više nisu dovoljne popravke kad je otkaz već nastao, već ga treba i predvideti, radi se klasično preventivno održavanje [9].

Opsednute gubicima u proizvodnji i gubicima nastalim zbog lošeg kvaliteta, uprave preduzeća daju na videlo planove preventivnog održavanja koji predviđaju, u određenim intervalima,

skoro potpunu demontažu pojedinih delova postrojenja radi kontrole i pravovremene zamene ležajeva, remena ili bilo kog drugog dela podložnog trošenju, koroziji ili naprezanju [1,3]. Izvođač radova, pod psihološkim pritiskom da mora da otkloni otkaz kad je već demontirao ležaj sa svog nosača, čak iako je pregled dao pozitivan rezultat, zamenjuje ga novim nemajući nikakav kriterijum da predvidi da li će ležaj moći trajati do sledeće velike revizije. Tako dolazi do razbacivanja materijala bez povećanja pouzdanosti sistema. Ovi radovi su vrlo skupi zbog obilnog korišćenja specijalizovane radne snage i materijala i zahtevaju vrlo duge zastoje postrojenja, sa gubicima u proizvodnji, a pri tom ne eliminišu u potpunosti mogućnost iznenadnih otkaza. Tako se rađa savremeno tehničko održavanje koje ujedinjuje sve aktivnosti održavanja, planira ih, koordinira i vrši kontrolu tehničke i ekonomske efikasnosti proizvodnih postrojenja [1, 3].

4. TROŠKOVI TEHNIČKOG ODRŽAVANJA MAŠINA

4.1. Troškovi održavanja u industriji

Ekonomske faktor je taj koji je pokrenuo današnji izvanredan interes za razvoj u održavanju. Nekoliko statističkih podataka to dokazuje [1, 3]:

- Gubici u proizvodnji radi održavanja iznose 31% od raspoloživih kapaciteta,
- Iz istog razloga trajanje opreme je smanjeno u odnosu na planirani vek eksploatacije za 27% ,
- Firma „Brossard Consultations“ ocenjuje troškove održavanja na 5,5% ukupnog prihoda (više od 10% u teškoj industriji).

Prema istraživanju u našoj zemlji, dobijene su sledeće srednje vrednosti za procentualni odnos troškova održavanja prema fakturisanom vrednosti [1, 3]:

- Industrija čelika10.4%
- Industrija papira6.7%
- Industrija nafte5.4%
- Građevinska industrija4.3%
- Hemijska industrija5.5%
- Tekstilna industrija4.4%
- Industrija gume2.7%
- Automobilaska industrija4.4 %
- Železnica3.1%
- Elektro-industrija2.1%
- Mašinogradnja3.2%
- Prehrambena industrija1.8%
- Industrija obuće1.0%

Istraživanja dalje pokazuju da prosečno trajanje nekog tehničkog sistema do 10 godina, troškovi održavanja – u životnom ciklusu korisnog trajanja postrojenja predstavljaju 54% od vrednosti same investicije [1, 3].

Pošto se ovaj indeks odnosi na vrednost investicija on vremenski može biti stabilniji od indeksa na bazi odnosa troškova održavanja prema fakturiranoj vrednosti. Sa čisto poslovnog stanovišta, troškovi se smeju razmatrati samo u novčanom izrazu, kao što je slučaj sa navedenim troškovima [9].

Mora se razmatrati još i dobit, ili bolje, izostala dobit do čega dolazi zbog izgubljene proizvodnje, koja je izgubljena zbog raznih zaustavljanja tehničkih sistema.

Može se pretpostaviti da prosečna neefikasnost postrojenja iznosi 11%, ne razmatrajući efikasnost postrojenja koja su potpuno iskorišćena. Pretpostavivši da bruto marža doprinosa fiksnim i korisnim troškovima iznosi 31% od dobiti, koja iznosi 12% od fakturirane vrednosti i zato je jednaka izostaloj marži doprinosa koja iznosi 3% od godišnje fakturirane vrednosti ili 4% godišnje od investiranih sredstava, što iznosi 40%, kod srednjeg trajanja postrojenja od 10 godina [1, 3].

Ako se sada uzmu i ukupni realni troškovi održavanja kao efektivni troškovi održavanja i izgubljena dobit zbog izostale proizvodnje, dobije se da ti troškovi iznose:

- 51% od vrednosti sredstava utrošenih na održavanje,
- 41% od vrednosti sredstava potrošenih zbog izostale proizvodnje.

Iz ovog proizilazi da održavanje košta, za vreme trajanja tehničkog sistema, iznos koji je jednak samoj investiciji, iako su troškovi vremenski raspoređeni.

U praksi se događa da ocenimo kod nekog tehničkog sistema mu se neefikasnost kreće na nivou od 22% umesto 11%, a da pri tome još uvek ostajemo u okvirima realnosti. Na taj način se troškovi izostale proizvodnje udvostručuju, povećavaju se od 38% do 78%.

4.2. Troškovi uhodavanja mašine

Pod troškovima uhodavanja nekog tehničkog sistema (mašine) podrazumevaju se osnovni troškovi u odnosu na režimom predviđeni standard, plus troškove zbog izostale proizvodnje, u odnosu prema toku proizvodnje koji je predviđen režimom. Troškovi uhodavanja variraju od 21% do 90% od investicionih troškova. U nedostatku drugih pokazatelja, može se usvojiti prosečna vrednost od 58%. Procenjujući da je prosečan vek trajanja nekog postrojenja 10 godina, troškovi uhodavanja će iznositi 5.8% u onoj godini kada dolazi do investicionih troškova [1, 3].

4.3. Uticaj tehnologije na troškove održavanja mašina

Troškovi održavanja ne nastaju samo zbog lošeg funkcionisanja sistema. Na primer postoje troškovi održavanja raspodeljeni prema uzrocima otkaza [1, 3]:

- 31% zbog proizvodnje (nepravilnog rukovanja i dr.),
- 47% zbog funkcionisanja,

- 22% zbog drugih razloga.

Dakle, može se utvrditi da se veliki deo troškova održavanja (kao i zaustavljanje rada postrojenja zbog otkaza) može pripisati uzrocima za koje odgovornost snosi sam konstruktor postrojenja. Ako se to izrazi samo putem troškova održavanja, može se govoriti o iznosu od 31%. Na primer, u slučaju industrije čelika gde se pretpostavlja da troškovi iznose 10.4% od fakturisanog iznosa, zbog grešaka u projektovanju nastaju troškovi koji iznose 3% od prodajne cene proizvoda. Tom iznosu se mora dodati šteta zbog izostale proizvodnje, koja je u metalurgiji svakako visoka. Pored toga, u okviru znatnog dela troškova održavanja koji se mogu pripisati funkcionisanju ili drugim uzrocima, postoji značajan prostor za takvu delatnost koja je u stanju da smanji ekonomski iznos troškova i gubitaka uslovljenih zaustavljanjem rada [3].

4.4. Uticaj tehnologije na troškove (cenu) proizvoda

Iz prethodno iznesenih podataka može se sada izračunati koliki su troškovi što ih kontrolišu različite grane.

Ti troškovi, izraženi u postotku od delova sistema vrednosti investicija, pri veku trajanja tehničkog sistema od 10 godina, su [1, 3]:

- Troškovi održavanja 59%
- Troškovi zbog izostale proizvodnje 40%
- Troškovi uhadavanja 58%
- Troškovi instaliranja (montaže) 10%
- Troškovi tehnološkog programiranja 1%
- Troškovi tehnološkog informacionog sistema 3%

U nekim industrijama u kojima je značajan nivo održavanja, vrednost troškova će verovatno iznositi preko 20% od fakturisanog proizvoda [1, 3].

4.5. Troškovi osposobljavanja i popravljavanja mašina

Tehnološki procesi proizvodnje odvijaju se sve češće u složenim eksploatacionim uslovima, koji izazivaju veće opterećenje tehničkih sistema, što dovodi do pojave otkaza na tehničkim sistemima. Zamena oštećenih ili istrošenih delova povezana je sa visokim troškovima odnosno gubicima. Računa se da samo direktni gubici usled habanja u svetu premašuju sumu od 100 milijardi USA dolara godišnje [1, 3].

Uzroci oštećenja delova tehničkih sistema su različiti. Na slici 1. prikazani su opšti uzroci oštećenja koji su sigurno različiti za pojedine oblasti industrije.

Dokora se smatralo da je najefikasniji način brzog osposobljavanja tehničkih sistema oštećenog ili istrošenog dela, zamena novim rezervnim delom. Zbog toga su preduzeća pribegavala velikim zalihama rezervnih delova- da bi ih po potrebi mogli ugraditi i zameniti. Osposobljavanju delova pristupalo se samo u slučaju krajnje nužde i hitnosti.

Poslednjih godina prednost sve više dobija osposobljavanje, dok se zameni pribegava samo u određenim slučajevima.

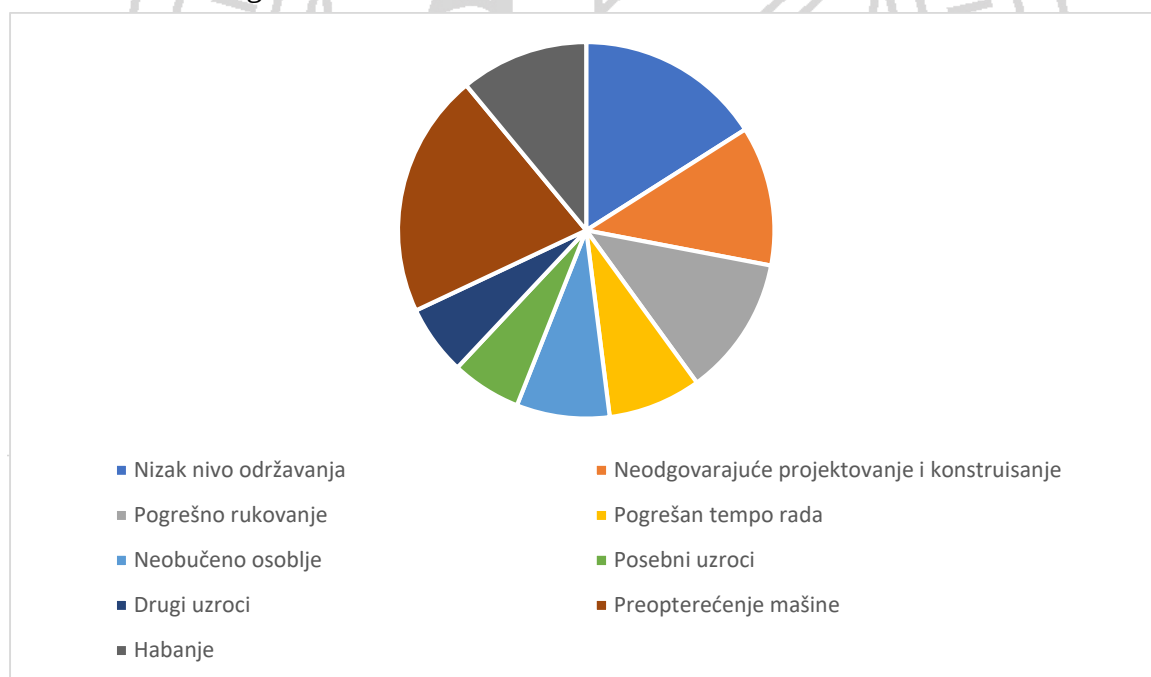
Zamena novim delom pored osnovne prednosti da je veoma brza kada je deo u magacinu, nosi sa sobom niz nedostataka [1, 3]:

- Angažovanje znatnih finansijskih sredstava za održavanje zaliha rezervnih delova,
- Angažovanje prostora skladištenje rezervnih delova,
- Angažovanje administrativnog osoblja koje se stara o rezervnim delovima,
- Dugi rokovi isporuke, posebno za delove opreme koji se uvoze,
- Visoka nabavna cena novih delova,
- Zastarevanje delova u skladištu,
- Visoki troškovi skladištenja rezervnih delova.

Struktura troškova skladištenja delova ukazuju na to da svaki deo koji je uskladišten 3 godine udvostručava svoju vrednost. U uslovima realnih kamata vrednost rezervnog dela udvostručava i za kraće vreme.

Sa druge strane, osposobljavanje delova ima niz značajnih prednosti:

- Niži troškovi intervencije na licu mesta,
- Često su moguće intervencije na licu mesta,
- Vreme osposobljavanja najčešće je kraće od vremena nabavke novog dela, ukoliko ga nema u magacinu.



Slika 1. Opšti uzroci oštećenja delova tehničkih sistema [1, 3]

Mnoge analize pokazuju da osposobljavanje delova mašina ne premašuje cenu od 10% do 20% cena novog dela. Ukoliko se primeni preventivno održavanje i permanentna kontrola ugroženih delova i njihovo pravovremeno obnavljanje- onda održavanje daje najveće ekonomske rezultate. Istina treba priznati da još uvek postoji nepoverenje u neke reparaturne metode i

postupke (npr. reparaturno zavarivanje), ali je to posledica nedovoljnog poznavanja mogućnosti pojedinih postupaka i neiskustva na sprovođenju istih u praksi [8, 9, 10].

5. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA REŠAVA PROBLEME FUNKCIONISANJA MAŠINA

5.1. Osnovni postupci tehničke dijagnostike

Smanjenje visokih troškova održavanja i sniženje opštih uzroka oštećenja delova tehničkog sistema je moguće, pored ostalog, uvođenjem i primenom savremenih postupaka tehničke dijagnostike. Danas su u primeni sledeći postupci tehničke dijagnostike [3, 8, 9]:

- Vizuelna i optička ispitivanja,
- Vibroakustički postupak (merenje vibracije i buke),
- Metode ispitivanja bez razaranja (ultrazvuk, radiografija, gamagrafija i dr.).
- Merenje radnih parametara (pritisak, protok, obrtni moment, brzina, ubrzanje i dr.),
- Termovizija,
- Kontrola produkata habanja i sagorevanja,
- Kontrola korozije,
- Kontrola električnih parametara.

Prema sopstvenim istraživanjima autora, tehničkom dijagnostikom se može odrediti stvarno tehničko stanje u više od 85% slučajeva, a to znači smanjenje zastoja i habanja sa više od 60 % [1, 3].

5.2. Sistem tehničke dijagnostike

Sistem tehničke dijagnostike je u suštini sistem koji obuhvata [1,9]:

- uspostavljanje zakonitosti promene parametara stanja sistema i njegove pogodnosti za kontrolu,
- izbor dijagnostičkih parametara i određivanje karakteristika njihovih promena i veza sa parametrima stanja,
- utvrđivanje normativa dijagnostičkih parametara,
- određivanje mogućnosti postavljanja dijagnoze,
- izbor i tehnoeкономsko obrazloženje odgovarajuće metode i mernog sredstva,
- određivanje optimalne procedure i algoritma dijagnostik.

Osim navedenog, za organizaciju procesa dijagnostike neophodno je utvrditi režim, tehnologiju, mesto i položaj dijagnostike u opštem sistemu održavanja. Povezanost procesa dijagnostike u sistemu sa režimom održavanja ili uslovima eksploatacije ogranka je logična, pošto su promene kod objekta dijagnostike uslovljene raznim eksploatacionim i proizvodnim faktorima [1].

Ekonomski pokazatelji određeni su uložnim radom, materijalnim troškovima procesa dijagnostike i održavanja kao i drugim troškovima.

6. ZAKLJUČAK

Utvrđiti stvarnu vrednost troškova održavanja mašina u preduzeću, prihvatiti u startu visoke troškove i pristupiti izradi elaborata o smanjenju troškova. Pristupiti uvođenju tehničke dijagnostike o praćenju nivoa pouzdanosti kako bi smanjili broj otkaza i habanja na tehničkim sistemima za više od 60% [1,3]. Obučiti kadrove za održavanje i eksploataciju (proizvodnju) kako bi smanjili uticaj ljudskog faktora na oštećenje tehničkih sistema za 35% [1,3]. Definirati informativni sistem i model organizacije održavanja [1,2]. Sistem održavanja u preduzeću organizaciono staviti na isti nivo sa sistemom proizvodnje u kompaniji.

LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Josimović, Lj., Tehnička dijagnostika, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2020.
- [2] Adamović, Ž., Ivić, M., Vuković, V., Sistem kvaliteta, Univerzitet PIM, Banja Luka, 2021.
- [3] Adamović, Ž., Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
- [4] Adamović, Ž., Josimović, Lj., Savremeni izvori energije, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2020.
- [5] Josimović, Lj., Adamović, Ž., Direktive i standardi u zaštiti životne sredine, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2020.
- [6] Otić, G., Jovanov, G., Adamović, Ž., Proactive Maintenance Model Based on the Low on Change of Mechanical Hungarica, Vol 18, No 4, Budapest, 2021.
- [7] Adamović, Ž., Ašonja, A., Metodologija naučno-istraživačkog rada, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.
- [8] Adamović, Ž., Bursać, Ž., Erić, S., Buka i vibracije, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.
- [9] Adamović, Ž., Ašonja, A., Milošević, D., Vibrodijagnostika i tribodijagnostika mašina, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2012.
- [10] Adamović, Ž., Malić, D., Reliability monitoring of technical systems by means of a PC- software, 6-th International Symposium series on Tools and Methods of Competitive Engineering, Proceedings, Volume 2, chapter 6, Organizing Committee of TMCE 2006 Symposium: Delft University of Technology Landbergstraat 15, NL-2628 ce Delft, The Netherlands, European Union, Ljubljana, Slovenia, 18-22 April, 2006.