



IZBOR METODE PREDVIĐANJA POGODNOSTI ZA ODRŽAVANJE SLOŽENIH TEHNIČKIH SISTEMA U POGLEDU BEZBEDNOSTI*

SELECTION OF A METHOD IN ANTICIPATING FAVOURABLE CONDITIONS FOR COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

mr Aco Galamić¹⁾

Rezime: Bezbednost u najopštijem smislu, predstavlja sposobnost nekog tehničkog sistema da ne izazove, pod određenim uslovima, kritične ili katastrofalne događaje. Polazna osnova za sva razmatranja i analize bezbednosti, jeste utvrđivanje namene tehničkog sistema i razgraničenje osnovnih principa rada buduće konstrukcije. Bezbednost tehničkog sistema, sistematski se ocenjuje, na osnovu mogućih opasnosti, radi čega konstruktor analizira sve situacije, u kojima su moguće povrede ili može biti ugroženo zdravlje rukovaoca. Procena bezbednosti je suština održavanja tehničkih sistema bez povreda operatora, a to se postiže predviđanjem pogodnosti za održavanje. Za predviđanje pogodnosti za održavanje koristi se više metoda koje se razlikuju zavisno od postavljenih zahteva za tehnički sistem, kao i specifičnih svojstava i sličnosti razmatranog sistema. U jednom projektu može se koristiti više metoda predviđanja, s tim što će se uzeti jedna kao osnovna. Na izbor metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti u magistarskoj tezi, uticala su neka praktična razmatranja i faktori, kao što su: razmatranje uslova okoline (nivo i vrsta održavanja, koncept održavanja), sličnosti s drugim tehničkim sistemima, granice (obim) predviđanja i zahtevana tačnost predviđanja. Kod izbora metode izvršena je simulacija pokazatelja složenosti tehničkih sistema specijalne namene i analiza mogućnosti primene metode u odnosu na ograničenja koja se postavljaju zbog prirode samog sistema.

Gljučne reči: održavanje, sistemski pristup, pogodnost za održavanje, predviđanje, simulacija, složeni tehnički sistemi, analiza bezbednosti.

Abstract: Safety in general, means that a technical system should be able not to cause (being under certain conditions) some critical or catastrophic events. A starting point in all the safety analyses and related speculations therefore, should be an establishment of the technical system purpose as well as defining the main principles of the intended construction work. Taking into consideration possible dangers, a systemic approach in evaluation is used when technical system safety is being evaluated and that is the reason why a constructor needs to analyze all the situations which may cause injuries or bring a system handler's health into danger. A safety degree judgment is the essence of the technical systems servicing process and this can be obtained by anticipating favourable conditions for servicing. When anticipating favourable conditions for servicing, a number of various methods is used and their differences depend on the specific technical system demands as well as on specific characteristics and similarities of the system which is being judged. Several methods of anticipation can be used in a project but one of them must be taken as a basis. The selection of a method in anticipating favourable conditions for complex technical systems servicing in the thesis, was influenced by some practical examinations and factors such as: examination of environmental conditions (level and type of servicing, concept of servicing), similarities between the system and some other technical systems, anticipation limits (extent) as well as required precision in anticipation. At the selection of the method a simulation of specified-purpose technical systems complexity indicators and possibility of the method use analysis have been done, in relation to the limits set by the very nature of the system.

Key words: servicing, systemic approach, favourable conditions for servicing, anticipation, simulation, complex technical systems, safety analysis

1) Mr Aco Galamić, MT potpukovnik, Inspektorat odbrane Srbije, Gardijska 15, Beograd,
mail: galamic@ptt.yu

*) Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja sprovedenog u sklopu izrade magistarske teze

1. UVOD

Sredstva naoružanja i vojne opreme (NVO) u literaturi poznatija pod nazivom složeni tehnički sistemi specijalne namene, u toku životnog veka treba da budu podvrgnuta određenim akcijama održavanja kako bi se osiguralo njihovo korišćenje i zadržale tehničko-eksploatacione karakteristike unutar željenih granica. Održavanje tehničkih sistema u najopštijem smislu, obuhvata sve postupke koje treba preduzeti s ciljem da sistem bude što duže u ispravnom, odnosno funkcionalnom stanju. Drugim rečima, da sistem tokom životnog ciklusa radi na potrebnom nivou pouzdanosti, produktivnosti i ekonomičnosti, da je pogodan za održavanje i da životni ciklus završi bezbedno. Proces održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene zavisi pre svega od karakteristika sistema i zakonitosti promene njihovih parametara kao funkcije uslova čuvanja, tj. skladištenja, trajanja i intenziteta eksploatacije. Osim toga, proces održavanja u Vojsci Srbije karakteriše veliki broj različitih složenih sistema domaćeg i stranog porekla, različitih tehničkih i tehnoloških generacija, radi čega se održavanju mora pristupiti sistemski.

2. DRŽAVANJE SLOŽENIH TEHNIČKIH SISTEMA SPECIJALNE NAMENE U FUNKCIJI BEZBEDNOSTI

Sistem održavanja obuhvata skup različitih aktivnosti i postupaka čiji je zadatak da obezbede ispravan rad složenih tehničkih sistema i pouzdanost, odnosno bezbednost funkcionisanja koji treba da zadovolje postavljenu funkciju cilja. Sistem održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene zauzima značajno mesto u koncepciji bezbednog rada, radi čega se u radu i razmatra pogodnost za održavanje. Pogodnost za rukovanje i održavanje značajno utiče na efektivnost tehničkih sistema. Standardima se daje definicija i propisuju modeli za izračunavanje ove značajne i složene karakteristike tehničkih sistema, koja se sastoji od niza parametara i faktora. U radu se analiziraju: konstrukcioni, proizvodni i logistički zahtevi pogodnosti za održavanje o kojima je potrebno voditi računa kada se ocenjuje pogodnost tehničkih sistema za eksploataciju i održavanje. Takođe, opisuju se tehnički faktori kojima se karakteriše ta značajna osobina tehničkih sistema. Funkcija bezbednosne komponente tehničkog sistema proteže se kroz sve faze konstruisanja-od koncipiranja idejnog rešenja, pa sve do izrade modela ili tipa i konačnih provera i ispitivanja stepena bezbednosti sistema. Bezbednost u najopštijem smislu, predstavlja sposobnost nekog tehničkog sistema da ne izazove, pod određenim uslovima, kritične ili

katastrofalne događaje. Polazna osnova za sva razmatranja i analize bezbednosti, jeste utvrđivanje namene tehničkog sistema i razgraničenje osnovnih principa rada buduće konstrukcije. Bezbednost tehničkog sistema, sistematski se ocenjuje, na osnovu mogućih opasnosti, radi čega konstruktor analizira sve situacije, u kojima su moguće povrede ili može biti ugroženo zdravlje rukovaoca (profesionalne bolesti i bolesti u vezi sa radom). Procena bezbednosti je suština održavanja tehničkih sistema bez povreda operatora, a to se postiže predviđanjem pogodnosti za održavanje. Za predviđanje pogodnosti za održavanje koristi se više metoda koje se razlikuju zavisno od postavljenih zahteva za tehnički sistem, kao i specifičnih svojstava i sličnosti razmatranog sistema. U jednom projektu može se koristiti više metoda predviđanja, s tim što će se uzeti jedna kao osnovna. Na izbor metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti u radu, uticala su neka praktična razmatranja i faktori, kao što su: razmatranje uslova okoline (nivo i vrsta održavanja, koncept održavanja), sličnosti s drugim tehničkim sistemima, granice (obim) predviđanja i zahtevana tačnost predviđanja. Kod izbora metode izvršena je simulacija pokazatelja složenosti tehničkih sistema specijalne namene i analiza mogućnosti primene metode u odnosu na ograničenja koja se postavljaju zbog prirode samog sistema. Na osnovu raspoloživih podataka, za analizirani vojni sistem, izabrana je metoda koja najviše odgovara razmatranom sistemu, pri čemu su u potpunosti uzeti u obzir specifični uslovi korišćenja: priroda sistema sa visokim stepenom prisutnih opasnosti i planirani koncept održavanja. Simulacija pokazatelja složenosti tehničkih sistema specijalne namene izabranih u uzorak, realizovana u simulacionom modelu predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti i sprovedena analiza dobijenih rezultata, omogućili su izbor metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti, na osnovu pokazatelja složenosti. Izabrana metoda, optimalna je za određivanje potrebnih vremena za kategorije održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene, kako je opisano u diskusiji rezultata analize i prikazano u tabelama detaljne analize. Na osnovu rezultata dobijenih simulacijom, zaključeno je da se primenom usvojene metode u predviđanju i njenim korišćenjem u praksi postiže unapređenje sistema održavanja u Vojsci u svim njegovim aktivnostima, projektovanjem i propisivanjem mera bezbednosti opslužilaca i održavalaca u procesu održavanja još u fazi projektovanja složenih tehničkih sistema specijalne namene. Što realni tehnički sistemi specijalne namene budu raspolagali sa više tačnih podataka o realizaciji održavanja, usavršenim

procedurama i stabilizovanom tehnologijom, tačnost ove metode će biti veća. Rezultati primene ove metode, pored predviđanja pogodnosti za održavanje, omogućavaju izuzetno jednostavnu, prethodnu ocenu tehnoloških zahteva.

3. METODE PREDVIĐANJA POGODNOSTI ZA ODRŽAVANJE

Tehnički sistemi su, u toku životnog veka, podložni nastanku *otkaza*¹. Ova činjenica, ukazuje na potrebu da se zna, koliko dugo mogu da rade a da ne otkazu. Tehničke sisteme, potrebno je projektovati tako da što manje otkazuju, a ako i otkazu, da ne predstavljaju *opasnost*² po oslužioce i da ne proizvedu štetu. Zatim, da ih je moguće, za što kraće vreme i što jednostavnije popraviti³. Postavlja se pitanje, da li je *cilj održavanja*, da otkloni mogućnost pojave svih potencijalnih otkaza, ili samo da preventivno utiče na njihovu pojavu. Odgovor na postavljeno pitanje, predstavlja ekstremno tumačenje ciljeva strategije-totalno produktivno održavanje, ili želje rukovodstva da posluje sa sistemima bez otkaza u toku eksploatacije, odnosno da sistem svoj životni vek završi bezbedno. U vojnim sistemima, pogotovo u izrazito tehničkim, kao što su sistemi u Vazduhoplovstvu i Mornarici, nedovoljna pouzdanost i bezbednost, neodgovarajuće i neefikasno održavanje, mogu da imaju katastrofalne posledice po gotovost tehničkih sistema i izvršavanje zadataka za koje su namenjeni. Upravo su ova pitanja i problemi, predmet teorije pouzdanosti, teorije pogodnosti za održavanje, teorije bezbednosti i teorije održavanja. Troškovi se pojavljuju, i u toku eksploatacije tehničkog sistema, izraženi troškovima koji nastaju kao posledica povreda na radu, usled nepreduzimanja mera bezbednosti. Pouzdanost i pogodnost za održavanje, se razmatraju u svim fazama životnog ciklusa tehničkih sistema, u projektovanju, proizvodnji i eksploataciji. Primarni problem, nije da se po svaku cenu spreči pojava otkaza tehničkog sistema, već kako da se izbegnu posledice koje taj otkaz izaziva u pojedinim karakterističnim

slučajevima, a to se postiže održavanjem. *Održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene*, obuhvata postupke koji se preduzimaju s ciljem da sistemi budu što duže u ispravnom, odnosno, funkcionalnom stanju, koje se još naziva i "*stanje u radu*", da tokom životnog ciklusa rade na potrebnom nivou pouzdanosti i da svoj životni vek završe bezbedno. Održavanje je veoma složen problem koji, da bi bio rešen u potpunosti, zahteva detaljnu analizu mogućih izvora otkaza u svim fazama razvoja i eksploatacije sistema, od definisanja i projektovanja, preko razvoja prototipa, izrade sistema, ugradnje i eksploatacije u realnim i bezbednim uslovima, što podrazumeva sistemski pristup. *Sistem održavanja tehničkih sistema*, zauzima značajno mesto u koncepciji bezbednog rada. Bezbednost, predstavlja sposobnost nekog sistema da, pod određenim uslovima ne izazove, kritične ili katastrofalne događaje. Jasno je da održavanje nije samo sebi cilj, već je to otklanjanje štetnih posledica koje otkaz, tehničkog sistema ili nekog njegovog dela, može da nanese konkretnom tehničkom sistemu i opslužiocima. Da bi se ovo postiglo, tehnički sistem tokom perioda eksploatacije, mora da ispunjava predviđene funkcije, zadovoljavajućim nivoom pouzdanosti i pogodnosti za održavanje. *Pouzdanost i pogodnost za održavanje*, su različite ali i komplementarne osobine složenih tehničkih sistema. Pouzdanost, se odnosi na sposobnost tehničkog sistema da radi bez otkaza ili značajnijeg opadanja karakteristika, u toku određenog perioda vremena. Pogodnost za održavanje, se vezuje za vreme otklanjanja otkaza, ili vreme obavljanja drugih postupaka održavanja, kao i za primenu mera bezbednosti opslužilaca, u toku obavljanja tih postupaka. Zajedno, karakteristike pouzdanosti i pogodnosti za održavanje tehničkih sistema, određuju operativnu gotovost, odnosno operativnu raspoloživost i omogućavaju odgovarajuću efektivnost tehničkog sistema, u izvršavanju specificiranih zadataka. Značaj, karakteristika pogodnosti za održavanje, je u doprinosu smanjenju vremena zastoja i povećanju raspoloživosti tehničkih sistema, uz maksimalne mere bezbednosti opslužilaca. Zadatak pogodnosti za održavanje je da obezbedi maksimalnu operativnu gotovost, na takav način da se tehnički sistem održava, u najkraćem vremenu u skladu sa ostalim zahtevima, uz minimalan utrošak materijalnih i kadrovskih resursa u procesu održavanja. Znači, pri razmatranju pogodnosti za održavanje u konstrukciji nekog tehničkog sistema, primenjuje se multidisciplinarni pristup, u uskoj vezi sa pouzdanošću, ljudskim faktorom, bezbednošću i ostalom tehničkom, odnosno logističkom, podrškom, kao što je prikazano na slici 1. Posledice nerazumevanja pouzdanosti i pogodnosti za održavanje su veliki materijalni gubici, ugrožavanje bezbednosti tehničkih sistema i

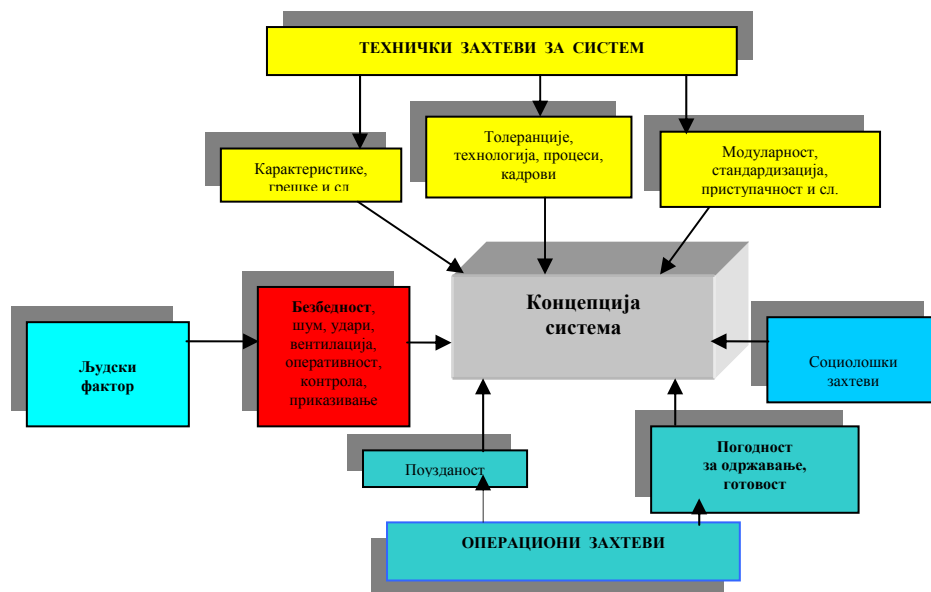
¹ *Отказ* је стање система или елемената, које настаје када систем не може исправно да врши функцију циља. За разлику од отказа који представљају врсту догађаја, грешке су системски откази, нпр. софтверски багови.

² *Опасност*, представља низ стања или догађаја који утичу на настанак акцидента.

³ *Поправка* је низ радњи које треба обавити на техничком систему који није радно способан, с циљем враћања радне способности на ниво какав је био пре отказа или у потпуно исправно стање.

opslužilaca i usporavanje tehnološkog napretka u mnogim vitalnim oblastima. Posledice se mogu otkloniti ili umanjiti, predviđanjem pogodnosti za održavanje u fazi projektovanja tehničkog sistema. *Predviđanje pogodnosti za održavanje* i analiza bezbednosti, su značajne naučne discipline neophodne u svim oblastima tehnike. Potreba za predviđanjem pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti i praćenjem pouzdanosti, je sve više prisutna u razvoju tehničkih sistema i u toku njihove eksploatacije. Cena nepouzdanosti, ne predstavlja samo cenu sistema koji je otkazao, već uključuje i posledice, koje je taj otkaz proizveo. Za svaki tehnički sistem, definisani su zahtevi,

koje treba da ispuni, da bi ostvario projektovani stepen verovatnoće, da je neki parametar sistema u granicama propisanog statističkog intervala. Kod opreme bezbednosnog tipa, posebno kad se radi o opremi za zaštitu ljudskih života, sve prethodno navedene aktivnosti moraju ispuniti i propisanu zakonsku regulativu. Takva oprema, podrazumeva veliku opreznost u svim fazama: od konstruisanja, prototipa, proizvodnje, do održavanja. Intenzivan razvoj tehnologije i prodor tehnoloških dostignuća u oblasti ekonomije, društvenih nauka, zaštite čovekove okoline, vojske i drugih oblasti ljudske delatnosti, zahteva nov pristup tehničkim sistemima u svim fazama životnog ciklusa.



Slika 1. Elementi koji određuju koncepciju sistema

U poređenju, sa do sada poznatim pristupima problemu održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene u Vojsci, u radu se održavanje tih sistema, razmatra u skladu sa metodom predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti, na osnovu pokazatelja složenosti tehničkih sistema, koja za osnovno područje primene ima sisteme kod kojih se zahteva visok stepen bezbednosti. U radu se opisuju rezultati simulacionog modela, izbora metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti, simulacijom pokazatelja složenosti tehničkih sistema. Objašnjava se, zašto je izabrana metoda optimalna za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u Vojsci. Da bi se u praksi ostvario zadatak izbora i primene metode, neophodno je u toku projektovanja, proizvodnje i eksploatacije tehničkog sistema projektovati njegovu pogodnost za održavanje i pouzdanost, sa definisanjem elemenata bezbednosti na radu.

Zahtevi bezbednosti, koji se postavljaju konstruktorima, u pogledu bezbednosti opslužilaca, zavise od karakteristika pogodnosti za održavanje tehničkih sistema i raspoloživog vremena za izvođenje operacija održavanja. Obezbeđenje bezbednosti tehničkih sistema, predstavlja važnu komponentu istraživanja, na koja se u raznim zemljama, pa i kod nas, ulažu značajna materijalna sredstva. Projektanti i održavaoci, u svim navedenim fazama, moraju da rade zajedno, kako bi rešili problem uticaja faktora konstrukcije tehničkih sistema, koji nisu zasnovani samo na ugrađenim karakteristikama, nego i na uslovima okruženja. U toku izvršavanja kontrole i ocene stanja tehničkih sistema, sa aspekta problema obezbeđenja bezbednosti, nastala su dva široko rasprostranjena pojma: *bezbedno i opasno stanje*. Ova dva pojma, klasifikuju skup vremenskih stanja svakog razmatranog tehničkog sistema, na dva stanja: *skup bezbednih stanja* i *skup njegovih opasnih stanja*. U radu se, pored osnovnih pretpostavki pogodnosti za održavanje, analizira *bezbednost* složenih tehničkih

sistema u toku eksploatacije i *bezbednost* opslužilaca, pri opsluživanju i održavanju tih sistema. Razmatra se i *uticaj pogodnosti za održavanje na pouzdanost složenih tehničkih sistema i bezbednost opslužilaca*. Potreba, za usavršavanjem postojećeg sistema održavanja u pogledu bezbednosti i zaštite zdravlja na radu, nastala je kao posledica naučnih dostignuća, iz oblasti *preventivnog inženjerstva i inženjerstva održavanja, tehnološkog razvoja objekata održavanja, razvoja tehnoloških elemenata primenjenih u održavanju*, kao i *želje za povećanjem gotovosti i smanjenja ukupnih troškova održavanja, stvaranjem bezbednih uslova rada u radnoj i životnoj sredini*. Prema tome, istraživanja, koja su sprovedena u sklopu projekta i data u radu, treba da daju odgovore na pitanje, kako birati optimalne strategije održavanja za pojedine složene tehničke sisteme i saglasno tome koji koncept reinženjeringa održavanja izabrati za sadašnje uslove u Vojsci, u pogledu ispunjenja zahteva bezbednosti i zdravlja na radu. Značajni su i drugi efekti istraživane metode, do kojih se došlo u toku ovog istraživanja. Oni se sastoje u mogućnosti, da se na osnovu malog broja primarnih i osnovnih pokazatelja složenosti tehničkih sistema, odrede veličine svih ostalih pokazatelja složenosti, korišćenjem izvedenih regresionih jednačina. Ovo konstruktorima tehničkih sistema, omogućava kvalitetno predviđanje rezultata mogućih konstrukcionih rešenja. Time se, omogućavaju poboljšavanja konstrukcije u ranim fazama projektovanja. U radu se polazeći od poznatih činjenica i najnovijih saznanja iz ove oblasti, a na osnovu praćenja otkaza i postupaka održavanja složenih tehničkih sistema različite namene, opisuje jedan od mogućih pristupa održavanja u Vojsci, simulacijom matematičkog modela metode predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti, na osnovu pokazatelja složenosti tehničkog sistema. Rezultati istraživanja, dobijeni simulacijom realnih tehničkih sistema specijalne namene u Vojsci, treba da dovedu do ozbiljnijih razmišljanja o značaju i potrebi korekcije postojećeg sistema održavanja složenih tehničkih sistema, u smislu usavršavanja postupaka održavanja i potrebnih vremenskih intervala u skladu sa metodom predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti. Izložene faze, izbora metode predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti, na osnovu pokazatelja složenosti tehničkih sistema, treba da dovedu do detaljne analize mogućnosti usvajanja postupaka održavanja, kojima će se smanjiti broj otkaza kako u postojećim, odnosno već korišćenim, tako i u sistemima koji su na početku životnog

ciklusa. Dobijeni rezultati treba da budu primenljivi, za sve tehničke sisteme u Vojsci, koji se razmatraju u radu i da posluže, u velikoj meri, za predviđanje otkaza i pogodnosti za održavanje tokom životnog ciklusa sistema u pogledu bezbednosti.

ZAKLJUČAK

Istraživanje i realizacija simulacije pokazatelja složenosti tehničkih sistema specijalne namene, radi izbora metode predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti, opisana u radu, temelji se na značaju uvođenja novih koncepcija u sistemu održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene, uz sprovođenje svih mera bezbednosti. Kako je sprovedeno istraživanje, odnosno realizovana simulacija i analiza pokazatelja složenosti tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti, u okvirima Vojske, pionirski poduhvat naučnog sagledavanja značaja izbora strategija održavanja, predviđanjem pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti u procesu reinženjeringa održavanja složenih tehničkih sistema specijalne namene, njegovi rezultati, otvaraju nove poglede i nude specifične pristupe u razvoju teorijske misli. Iz rezultata, dobijenih u sprovedenom obimnom i složenom istraživanju, zaključuje se, da se opisana i razrađena metodologija, može primeniti sigurno na sve mašinske sisteme, ali da postoji mogućnost njene primene i na druge tehničke sisteme. Na osnovu dobijenih i iznetih rezultata izabrana je, u radu opisana, i preporučuje se za korišćenje, *metodologija za izbor metode predviđanja pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti na osnovu pokazatelja složenosti tehničkih sistema*.

Sve postavke ostavke, odnosno zahtevi, metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti, o konceptu i zahtevima održavanja u fazi konstruisanja sistema, imaju sve veći značaj, time što se u konstrukciju sistema uključuju karakteristike koje doprinose lakoći održavanja i bezbednosti opslužilaca. U cilju usavršavanja sistema održavanja, bitno je uočiti redosled kojim treba započeti taj proces. Pri svemu tome treba znati, da se promene ne mogu uvoditi u sistemima koji "nisu spremni" za njih. Pre uvođenja strategije održavanja neophodno je usavršiti sistem planiranja radnji održavanja, informacioni sistem, menadžment, pravilno dimenzionisati sistem, obučiti radnu snagu, obezbediti planiranje i sprovođenje mera bezbednosti i zdravlja na radu, uvesti sistem za ocenjivanje uspešnosti rada i druga poboljšanja na polju logističke podrške, odnosno funkcije tehničke službe. Izučavanje i upravljanje pogodnošću za održavanje složenih sistema u pogledu bezbednosti u procesima održavanja je veoma zanačajna aktivnost, radi čega je realizovano i ovo istraživanje, prikazano u radu, koje je deo ukupnog istraživanja u sklopu projekta,

realizovanog 2003. godine, pod nazivom "Tehničko obezbeđenje mirovne operacije organizacijske jedinice Vojske Srbije", u sastavu mirovnih misija UN, na poslediplomskim studijama, u Školi nacionalne odbrane, VTA VS. Sve zajedno, i kvantitativne i kvalitativne karakteristike, pružile su mogućnost da se analizira i izmeri unutrašnje svojstvo sistema, nazvano *pogodnost za održavanje*. Polazeći od pretpostavke da je usvojen koncept preventivnog održavanja uz primenu propisanih mera bezbednosti i zdravlja na radu za sve zaposlene, a time određeni nivo održavanja i uz njih potrebni resursi, posle sprovedene analize dobijenih rezultata u simulaciji predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti na osnovu pokazatelja složenosti, može se zaključiti da je sada moguće pristupiti poboljšanju pojedinih karakteristika promenom projekta sistema, promenom mehaničke konstrukcije i svih ostalih osobina sistema navedenih u opisima kvalitativnih karakteristika. Prema dobijenim rezultatima istraživanja i zaključcima analiza međusobnih uticaja pokazatelja složenosti, usvojeni su zahtevi, koji se odnose na pogodnost za održavanje složenih tehničkih sistema. Pri konstruisanju tehničkih sistema, odnosno već u fazi radova vezanih za podnošenje predloga ponude ili ugovora, potrebno je voditi računa o preporukama za obezbeđenje pogodnosti za održavanje u pogledu bezbednosti iz oblasti konstrukcionih kriterijuma koji se odnose na smanjenje složenosti održavanja, smanjenje konstrukcionog uslovljavanja potrebe za periodičnošću vršenja održavanja, smanjenje projektom diktiranih troškova tehničkog obezbeđenja, ograničavanje zahteva za operaterima za održavanje primenom principa ergonomije, izbegavanje opasnosti, primenom odgovarajućih konstrukcionih rešenja, da se samim remontnim operacijama izazovu otkazi ili greške. Može se na kraju zaključiti i, da je izabrana metoda predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti na osnovu pokazatelja složenosti, zasnovana na dva veoma značajna principa: *principu sistenze i transferu znanja*. Pri izboru metoda predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema specijalne namene u pogledu bezbednosti, nije obavezno ograničiti se, na korišćenje samo jedne metode. U jednom projektu, može se koristiti više metoda predviđanja, s tim da se jedna metoda uzme kao osnovna. Radi toga, i ovaj rad, ne predstavlja završetak istraživanja u ovoj oblasti, već ostavlja otvorene mogućnosti razvoja,

unapređivanja i poboljšavanja matematičkih formulacija problema usavršavanjem postavljenih jednačina regresije. U praktičnom smislu, rezultati istraživanja, sigurno će inicirati dalji rad na usavršavanju postojećeg sistema održavanja u Vojsci Srbije, posebno u elementima izbora strategije održavanja koji su sada neodgovarajući. Dalji rad, trebalo bi da doprinese i usavršavanju *jednačina regresije*, radi dobijanja kvalitetnijih rezultata predviđanja. Na ovaj način, postupak i rezultati istraživanja, mogu doprineti sticanju dragocenih iskustava za primenu, u radu prikazane i opisane metode i sličnih metodologija pri rešavanju drugih, do sada nerešenih teorijskih i praktičnih problema u teoriji održavanja. To se posebno odnosi na mašinska sredstva. Rezultati primene ove metode, pored predviđanja pogodnosti za održavanje, omogućavaju izuzetno jednostavnu preliminarnu kvantifikaciju tehnoloških zahteva i orijentaciono tehnološko projektovanje.

LITERATURA

- [1] **Adamović, Živoslav; Todorović, Jovan:** *Savremene metode održavanja tehničkih sistema u industriji*, Jugoslovenski zavod za produktivnost rada, 315 strana, Beograd, 1985.
- [2] **Aronov, Zinovjevič, Iosif:** "Inženerstvo bezopasnosti" - skripta, Istraživački centar za kvalitet i pouzdanost DQM, 53 strane, Čačak, 2004.
- [3] **Vujanović, Nikola:** "Teorija pouzdanosti tehničkih sistema", Vojnoizdavački i novinski centar, 529 strana, Beograd, 1990.
- [4] **Galamić, Aco:** "Izbor metode predviđanja pogodnosti za održavanje složenih tehničkih sistema u pogledu bezbednosti", Magistarski rad, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2006. godine.
- [5] **Galamić, Aco; Janković, Žarko:** Identifikacija opasnosti i izloženost riziku pri obuci u Vojsci, 2. Nacionalna konferencija sa međunarodnim učesćem i temom "Ocena profesionalnog rizika, teorija i praksa", Zbornik radova, str. 44. do 47, Niš, 2005.
- [6] **Janković, Žarko:** Sistemi zaštite na mašinama - koncepcijska analiza, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, 165 strana, Niš, 1999..
- [7] **Kaninngem, K.; Koc, V.:** *Metody obespečenija remontprigodnosti* - prevod s engliškog - (Naslov originala: " C. E. Cunningham, Wilbert Cox, *Applied Maintainability engineering*, New York, London, Sydney, Toronto, 1972."), 327 strana, Moskva, "Sovetskoe radio", 1978.
- [8] **Knežević, Jezdimir:** *Upravljanje procesima održavanja i obnavljanja tehničkih sistema na osnovu teorije pouzdanosti*, OMO, 294 strane, Beograd, 1988.

- [9] **Milošević, M. Vladislav:** *Teorija verovatnoće I, Verovatnoća slučajnog događaja*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 290 strana, Beograd, 1998.
- [10] **Milošević, M. Vladislav:** *Teorija verovatnoće II, Slučajne promenljive i njihove raspodele*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 314 strana, Beograd, 2000.
- [11] **Mitrović, Ratko; Arsovski, Slavko:** *Terotehnologija, Tehnologija održavanja tehničkih sistema*, "ESKOD", d.d., 147 strana, Kragujevac, 1992.
- [12] **Papić, Ljubiša:** *Uticaj sigurnosti na efektivnost tehničkih sistema*, Zbornik radova sa Nučno-stručnog skupa Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema IRMES 2000, Mašinski fakultet u Podgorici, str. 345. do 349, Kotor, 2000.
- [13] **Stanojević, Petar:** *Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu sistema održavanja*, *Doktorska disertacija*, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.