

MODEL POVIŠENJA NIVOA POUZDANOSTI ODELJENJA KONVERTORA U ŽELEZARI SMEDEREVO

Bratislav Denić¹, Živoslav Adamović², Jovana Denić³

Rezime: U radu su istaknuti osnovni stavovi za programiranje održavanja složenih tehničkih sistema. Posebno je izvršena analiza i izbor strategije održavanja prema stanju. Ocena efektivnosti formiranih varijanti programa održavanja vršena je putem njihovog upoređivanja sa baznim pokazateljima efektivnosti (za korektivno i preventivno održavanje).

Ključne reči: održavanje prema stanju, pouzdanost, uštede

A MODEL FOR INCREASING THE RELIABILITY LEVEL OF THE CONVERTER DEPARTMENT IN THE SMEDEREVO IRONWORK

Abstract: In the work the basic attitudes for the maintenance programming of complex technical systems have been pointed out. The analysis and maintenance strategy selection according to condition have been made. The evaluation of the efficacy of the formed maintenance programme variants has been made by comparing them with The basic indicators of efficacy (for both corrective and preventive maintenance).

Key words: condition maintenance, reliability, savings

1. UVOD

Nedostaci politika i strategija preventivnog održavanja su, u širokim oblastima prakse u poslednje vreme, inicirali trend planiranja održavanja na bazi utvrđenog stanja sistema u procesu eksploatacije (održavanja prema stanju).

Osnovne prednosti uvođenja održavanja prema stanju leže, uglavnom, u smanjenju troškova održavanja (direktnih i indirektnih) i smanjenju verovatnoće nastanka zastoja u proizvodnji, ali se mogu ostvariti i drugi pozitivni efekti, kao što su:

- obezbeđenje proizvodnje dobara u zahtevanim količinama i u propisanom kvalitetu, povećanje bezbednosti radnog osoblja (rukovalaca i održavalaca),
- smanjenje rasipanja energije i sirovina za proizvodnju i obezbeđenje rada sastavnih delova i/ili sistema u režimu najvišeg stepena iskorišćenja,
- bolji odnosi sa kupcima proizvodnih dobara zbog isporuka na vreme i u predviđenom kvalitetu,
- veće zadovoljstvo zaposlenih, naročito u službama proizvodnje i održavanja i dr.

Politika preventivnog održavanja zasnovana na izvršenju planskih aktivnosti u određenim vremenskim intervalima, nezavisno od tehničkog stanja sastavnih delova i/ili sistema, ne obezbeđuje dovoljno delovanje i vezu između procesa promene tehničkog stanja i procesa eksploatacije [1].

Tesniju vezu između njih, planiranjem radova i periodičnosti njihovih izvršenja u zavisnosti od tehničkog stanja sastavnih delova i/ili sistema dobijenog na bazi dijagnostike, obezbeđuju strategije održavanja prema stanju.

Tehnički sistemi pružaju mogućnost primene većeg broja strategija održavanja prema stanju. Prema istraživanjima te strategije se mogu svrstati u dve grupe [2]:

- održavanje prema stanju sa kontrolom parametara, i

¹ Diplomirani inženjer mašinstva, Sektor za vanredne situacije, Niš, e-mail: batadenic@gmail.com

² Profesor Univerziteta, Evropski univerzitet, Brčko, e-mail: zivoslav.adamovic@gmail.com

³ Master inženjer mašinstva, Mašinski fakultet u Nišu, e-mail: jovanabdenic@gmail.com

- održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti.

Održavanje prema stanju sa kontrolom parametara, predviđa stalnu ili periodičnu kontrolu i merenje tehničkih parametara kojima se određuje tehničko stanje sastavnih delova i/ili sistema. Rešenje o aktivnostima održavanja se donosi tada, kada vrednosti kontrolisanih parametara dostignu granicu upotrebljivosti odnosno predkritični nivo.

Održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti sastoji se u sakupljanju, obradi i analizi podataka o pouzdanosti sastavnih delova i/ili sistema i razradi odluka o neophodnim planskim aktivnostima održavanja na zameni ili opravci sastavnih delova sistema.

2. FORMIRANJE PROGRAMA ODRŽAVANJA

Pod programom održavanja ovde će se podrazumevati dokumentaciono oformljen skup usvojenih metoda i režima održavanja za sastavne delove i/ili sisteme, koji obezbeđuju zadato upravljanje tehničkim stanjem i pouzdanošću u zadatim uslovima procesa eksploatacije.

Program održavanja sastavnog dela i/ili sistema mora biti usmeren na obezbeđenje što više efikasnosti sastavnog dela i/ili sistema uz optimalne troškove eksploatacije.

S obzirom na veliku složenost tehničkih sistema u industriji, u ovom radu se razmatra formiranje programa održavanja sastavnih delova pogona (npr. odeljenje konvertora sa pripadajućom opremom), mada se ovo može raditi na nivou sastavnih delova (sklopova) sistema.

Kompleks istraživanja na formiranju programa održavanja sastavnih delova i/ili sistema treba, u principu, da sadrži tri etape:

- formiranje varijanti programa održavanja prvog nivoa
- formiranje varijanti održavanja drugog nivoa,
- ocena efikasnosti i izbora varijante programa održavanja.

Ukoliko otkaz sastavnog dela ne utiče na pouzdanost sistema u radu, onda se kod porasta intenziteta otkaza vrši upoređivanje srednjih troškova za korektivnu i preventivnu zamenu, a u slučaju da su ti troškovi isti, sastavni deo sistema se održava prema stanju kontrolom nivoa pouzdanosti. Ako su ti troškovi korektivnog održavanja veći od preventivnog održavanja, onda se primenjuje održavanje sa kontrolom parametara.

U slučaju da je intezitet otkaza približno konstantan, onda se primenjuje održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti.

U slučaju da otkaz sastavnog dela sistema utiče na pouzdanost sistema u radu, to će se kod porasta inteziteta otkaza koristiti održavanje prema stanju sa kontrolom parametara, da će se kod nerastućeg inteziteta otkaza primenjivati održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti [3].

Ocena uticaja otkaza sastavnog dela na pouzdanost sistema u radu se vrši putem upoređenja verovatnoće pojava jednog od mogućih stanja sistema sa odgovarajućim dozvoljenim vrednostima koje daje proizvođač opreme. Pri tome se koriste metode matematičke statistike i analizira se intezitet otkaza. Za formiranje dijagrama inteziteta otkaza neophodno je obrađivati statističke podatke po otkazima sastavnih delova sistema u procesu tehničke eksploatacije za period ne manji od 2 - 3 godine. Analiza bezotkaznosti sastavnih sistema se može vršiti prema poznatom redosledu:

- formiranje dijagrama inteziteta otkaza,
- prema karakteru promene inteziteta otkaza izvodi se pretpostavka o zakonu raspodele pojave otkaza,
- proveru hipoteze o zakonu raspodele otkaza prema Pirsonu i sl.

Prema rezultatima modeliranja se mogu odrediti:

- učestalost ulaska u pojedina stanja procesa eksploatacije,
- srednja količina otkrivenih otkaza sastavnih delova i/ili sistema u pojedinim stanjima i dr.

Pri ovome se mogu izračunati i određeni pokazatelji efikasnosti održavanja, kao što su:

- verovatnoća ulaska u pojedina stanja eksploatacije,
- koeficijent iskorišćenja sastavnog dela i/ili sistema prema nameni,
- specifična stajanja zbog održavanja,
- srednje vreme obnavljanja sistema,
- specifični troškovi održavanja sastavnog dela i/ili sistema i dr.

Uticaj konstrukciono - eksploatacionih osobina sastavnih delova sistema na efektivnost primene različitih strategija održavanja, a time i na efektivnost programa održavanja u celini, treba obavezno analizirati kroz promene pokazatelja pouzdanosti i troškova održavanja.

Godišnji ekonomski efekat od uvođenja programa održavanja sastavnih delova i/ili sistema, može nastati iz:

- smanjenja eksploatacionih troškova za održavanje,
- povišenja efektivnosti sastavnih delova i/ili sistema,
- smanjenja količine rezervnih delova za zamenu i dr.

3. FORMIRANJE PROGRAMA ODRŽAVANJA ZA ODELJENJE KONVERTORA

U sastav odeljenja konvertora ulaze: ulivni kran, šaržirni kran, magnetni kran, priprema nemetalnih dodataka, transporter T_1 i T_2 , odeljenje duvnica, instalacija za vodu i kiseonik, doprema nemetalnih dodataka, skruber, izduvni ventilator (dimosos) i konvertor.

Analiza bezotkaznosti sastavnih delova (podсистема) odeljenja konvertora (sistema) se može obaviti na osnovu statističkih podataka dobijenih za vreme eksploatacije. Cilj obrade statističkih podataka je otkrivanje zakona raspodele rada do otkaza svih podсистема. Razbijanjem navedenih podсистема na svoje sastavne delove, takođe se može izvršiti analiza bezotkaznosti svih sastavnih delova podсистема [4].

Dobijena potvrda hipoteza o podudarnosti statističkih raspodela sa teorijskim omogućava određivanje parametara raspodele bezotkaznog rada, u prvom redu izvlačenje zaključaka o karakteru promene intenziteta otkaza.

Kod formiranja varijanti programa održavanja odeljenja konvertora, pošlo se od toga, da su troškovi korektivnog i preventivnog održavanja (direktni i indirektni) uvek veći od troškova preventivnog i održavanja prema stanju.

Rezultati analize bezotkaznosti sastavnih delova odeljenja konvertora, kao i predložene varijante održavanja, dati su u tabeli 1.

Iz tabele 1 je vidljivo, da od 12 razmatranih sastavnih delova odeljenja konvertora za 9 se predlaže primena održavanja prema stanju.

Izvršena analiza i izbor strategije održavanja za svaki sastavni deo posebno, omogućuju formiranje programa (standarda) održavanja.

Ocena efektivnosti formiranih varijanti programa održavanja vršena je putem njihovog upoređivanja sa baznim pokazateljima efektivnosti (za korektivno i preventivno održavanje). Pri tome su dobijeni sledeći rezultati:

- operativna gotovost odeljenja konvertora je povišena za 7,9-9,1%,
- pouzdanost odeljenja konvertora je povišena za 6-9,5%,
- specifični troškovi održavanja (direktni i indirektni) smanjeni su za 15-23%,

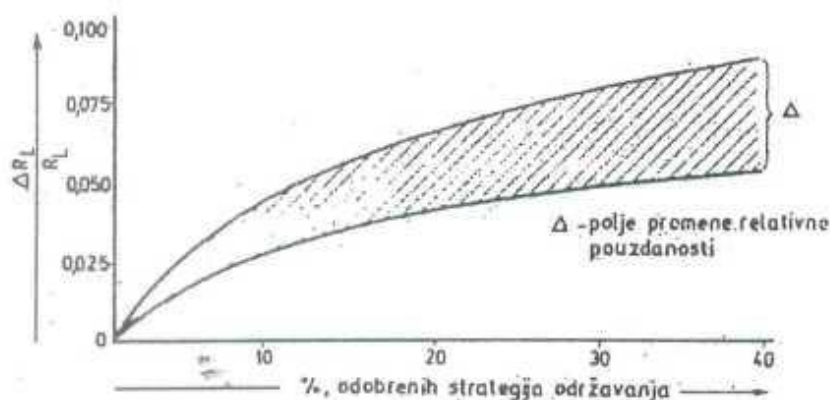
- godišnji ekonomski efekat od primene programa održavanja prema stanju iznosi $(20-26) \cdot 10^6$ din.

Ovi rezultati se odnose i za razvijene programe održavanja za sastavne delove pojedinih podsistema odeljenja konvertora.

Uticaj broja formiranih varijanti programa održavanja (% obuhvaćenih sastavnih delova sistema) na pouzdanost odeljenja konvertora prikazan je na slici 2. Pri tome se uočava polje povećanja relativne promene pouzdanosti koje je dostignuto na današnjem nivou odabranih programa održavanja (40% svih obuhvaćenih tehničkih sistema u odeljenju konvertora). Promena gotovosti odeljenja konvertora od vremena u radu data je na slici 2.

Tabela 1 – Rezultati analize bezotkaznosti i predložene varijante održavanja za sastavne delove odeljenja konvertora

Poz. Sastav. dela	Naziv sastavnog dela odeljenja konvertora	Zakon raspodele bezotkaznog rada i njegovi parametri	Karakter promene inteziteta otkaza	Predložena primena strategije održavanja
1	Ulivni kran	Eksponecijalna $\lambda=216 \cdot 10^{-6}$	$\approx \text{const}$	OPS-KNP
2	Šaržirni kran	Vejbulova $R = e^{-\left(\frac{t}{6300}\right)^{1,95}}$	raste	OPS-KP
3	Magnetni kran	Vejbulova $R = e^{-\left(\frac{t}{5800}\right)^{1,68}}$	$\approx \text{const}$	OPS-KNP; OPS-KP
4	Odeljenje nemetalnih dodataka	Erlangova II reda $\lambda=2,32 \cdot 10^{-6}$	raste	OPS-KNP
5	Transporter, T_1	Normalna $m=9864, \delta=3869$	raste	PO
6	Transporter, T_2	Normalna $m=8434, \delta=3904$	raste	PO
7	Odeljenje duvnica	Eksponecijalna $\lambda=1,80 \cdot 10^{-6}$	$\approx \text{const}$	OPS-KNP
8	Armatura za vodu i kiseonik	Erlangova II reda $\lambda=4,28 \cdot 10^{-6}$	raste	OPS-KP
9	Doprema nemetalnih dodataka	Normalna $m=7647, \delta=4098$	raste	PO
10	Skruber	Normalna $m=8868, \delta=3338$	raste	OPS-KP
11	Dimosos	Vejbulova $R = e^{-\left(\frac{t}{4882}\right)^{1,85}}$	raste	OPS-KP
12	Konvertor	Vejbulova $R = e^{-\left(\frac{t}{4478}\right)^{2,2}}$	raste	OPS-KP
PO – preventivno održavanje po >konstantnoj trajnosti< OPS-KP – održavanje prema stanju sa kontrolom parametara OPS-KNP – održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti				

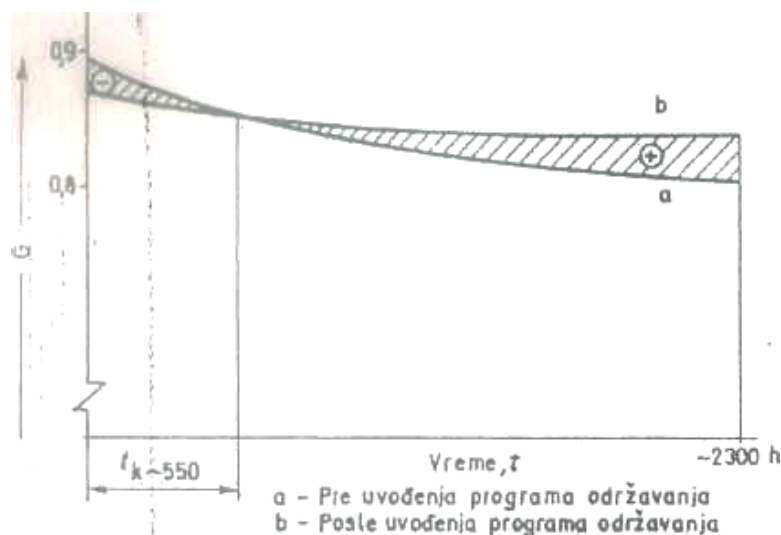


Slika 1 - Uticaj %formiranja varijanti programa održavanja na pouzdanost odeljenja konvertora

Nastajanje perioda t_k (slika 2) se može obrazložiti činjenicom: ranije se zamena rezervnih delova vršila bez dovoljnog iskorišćenja rezerve upotrebljivosti i uglavnom su delovi bili iz uvoza. Danas se koriste domaći rezervni delovi čija je bazna (projektovana) pouzdanost nešto niža od pouzdanosti uvoznih delova.

Uvođenjem programa održavanja za odeljenje konvertora smanjeni su i specifični troškovi rezervnih delova i materijala.

Neke koristi dobijene uvođenjem programa održavanja date su na slici 2.



Slika 2 - Promena gotovosti odeljenja konvertora

4. ZAKLJUČAK

Uvođenjem programa održavanja može se:

- povisiti pouzdanost tehničkih sistema u industriji čelika,
- smanjiti ukupan trošak održavanja,
- poboljšati organizacija proizvodnje i održavanja,
- smanjiti potrošnja elektro energije,
- smanjiti broj reklamacija proizvoda,
- povisiti nivo saradnje sa partnerima,
- povisiti nivo motivisanosti za rad,
- smanjiti broj povreda na radu,
- sniziti nivo zagađenja pogona.

5. LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014;
- [2] Adamović, Ž., Pouzdanost tehničkih sistema, Mašinski fakultet, Beograd, 1999;
- [3] Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije „TEHDIS“, Beograd, 2021;
- [4] Adamović, Ž., Tehnologija održavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1999;

- [5] Adamović, Ž., Totalno održavanje, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2003;
- [6] Randelović, S., Trajanović, M., Denić, B., Generating new products according to international standards and competitive automotive market, The 7th IRMES, 27-28th April 2011, Zlatibor, Serbia, pp. 39-42;
- [7] Randelović, S., Denić, B., Mladenović, S., Đorđević, G., Aluminium industry, chance for mass customization and advancement of small enterprises, Proceedings, pp. 130-134, ISBN 978-86-7892-277-0, 4th International Conference MCP – CE 2010, September 22-24, Novi Sad, Serbia. M33...
- [8] Adamović, Ž., Stefanović, S., Tribologija i podmazivanje mašina, Univerzitet u Novom Sadu Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, 2007;
- [9] Adamović, Ž., Stefanović, S., Denić, B., Miloradović, N., Metode popravljivanja i obnavljanja starih delova mašina, Akademija inženjerstva održavanja, Beograd, 2007;
- [10] Adamović, Ž., Tul, R., Održavanje na bazi rizika, Društvo za tehničku dijagnostiku „TEHDIS“, Beograd, 2007;
- [11] Denić, B., Đorđević, D., Miloradović, N., Istraživanje pouzdanosti mehanizacije za niskogradnju, XXX Majski skup održavalaca Srbije „Održavanje na bazi rizika“ (Zbornik radova), Akademija inženjerstva održavanja, Društvo za tehničku dijagnostiku „TEHDIS“, Vrnjačka Banja 2007;
- [12] Denić, B., Đorđević, D., Miloradović, N., Buka kod manevarskih lokomotiva, XXX Majski skup održavalaca Srbije „Održavanje na bazi rizika“ (Zbornik radova), Akademija inženjerstva održavanja, Društvo za tehničku dijagnostiku „TEHDIS“, Vrnjačka Banja 2007;
- [13] Denić, B., Adamović, Ž., Denić, J., Adamović, M., Razvoj modela ekspertnog sistema za oblast održavanja mašina u industriji čelika, 2. Konferencija sa međunarodnim učešćem „Napredne tehnologije u obrazovanju i privredi“ (Zbornik radova), Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Vrnjačka Banja 2023;
- [14] Denić, B., Denić, J., Adamović, Ž., Analiza pouzdanosti, raspoloživosti i pogodnosti održavanja traktora sa aspekta bezbednosti, 3. Konferencija sa međunarodnim učešćem „Napredne tehnologije u obrazovanju i privredi“ (Zbornik radova), Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Vrnjačka Banja 2024;
- [15] Denić, B., Denić, J., Adamović, Ž., Janjušević, J., Primena tehničke dijagnostike u industriji čelika, 3. Konferencija sa međunarodnim učešćem „Napredne tehnologije u obrazovanju i privredi“ (Zbornik radova), Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Vrnjačka Banja 2024;
- [16] Denić, B., Denić, J., Adamović, Ž., Popravljanje i obnavljanje starih i istrošenih delova mašina, 3. Konferencija sa međunarodnim učešćem „Napredne tehnologije u obrazovanju i privredi“ (Zbornik radova), Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Vrnjačka Banja 2024;