

ОДРЕЂИВАЊА ПРЕВЕНТИВНОГ ОДРЖАВАЊА ПОГОНСКОГ МОТОРА ПРИМЕНОМ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ

Н. Ристић, Д. Николић¹, Г. Радоичић, В. Пејућ, С. Панић, М. Јањић

Резиме: Сам рад приказује резултате одређивања параметара поузданости погонског мотора, на основу којих је одређена вредност оптималне периодичности његовог одржавања за критеријум максималне готовости и за критеријум минималних трошкова одржавања. Правилним формирањем модела одржавања могуће је извршити оптимизацију, односно изабрати најповољнији систем одржавања. Овакав проблем могуће је решити ако су прецизно одређени сви важни захтеви и ограничења. Основу изложене методологије чине параметри поузданости анализираних мотора, добијени на основу праћења понашања, са аспекта појаве отказа у реалним условима експлоатације, као и трошкови њиховог одржавања. Ова два критеријума доводе до различитих решења система одржавања мотора. Из тог разлога је неопходно тражење компромисног решења.

Кључне речи: превентивно, одржавање, погонски мотор, оптимизација, поузданост, готовост, трошкови

DETERMINATIONS OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF DRIVE ENGINE USING MULTICRITERIA OPTIMIZATION

Abstract: The paper itself presents the results of determining the reliability parameters of the drive motor, based on which the value of the optimal periodicity of its maintenance is determined for the criterion of maximum readiness and for the criterion of minimum maintenance costs. With the correct formation of the maintenance model, it is possible to perform optimization, ie to choose the most favorable maintenance system. This problem can be solved if all important requirements and restrictions are precisely determined. The basis of the presented methodology is the reliability parameters of the analyzed engines, obtained on the basis of behavioral monitoring, from the aspect of failure in real operating conditions, as well as the costs of their maintenance. These two criteria lead to different solutions of the engine maintenance system. For that reason, it is necessary to find a compromise solution.

Keywords: preventive, maintenance, drive motor, optimization, reliability, readiness, costs

1. УВОД

Само једно решење стратегије одржавања, за дати погонски мотор и дате услове коришћења, је оптимално. У том случају се постижу најповољније вредности готовости, поузданости, минимални трошкови коришћења и одржавања, а самим тим и смањење укупних трошкова животног циклуса. Задатак оптимизације система одржавања погонских агрегата састоји се у тражењу тог оптимума. Овај рад управо има тај циљ.

Оптимизацију система одржавања погонског агрегата треба схватити као тражење компромисног решења које ће бити најприхватљивије при његовом одржавању која стоје на располагању. Оптимизацију система одржавања, применом модела превентивног одржавања, најчешће се своди на тражење одговора на питање да ли је корисно применити превентивно одржавање, и ако јесте, одредити после колико времена рада треба применити поступке превентивног одржавања.

Циљ рада је изналажење оптималне стратегије одржавања изабраног конкретног погонског мотора, на основу показатеља његове поузданости, до којих се дошло на основу података из експлоатације.

¹ Универзитет „Унион-Никола Тесла“, Факултет примењених наука, Ниш, dragan.nikolic@fpn.rs

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

2. ОДРЕЂИВАЊЕ ПАРАМЕТАРА ПОУЗДАНОСТИ ПОГОНСКОГ МОТОРА

Ради планирања мера одржавања мотора, предвиђања њиховог века трајања и оцене квалитета саставних елемената возила, као и возила у целини, неопходно је одредити параметре његове поузданости.

С обзиром да од исправности утврђивања модела расподеле поузданости зависе сви даљи закључци и одлуке везане за предузимање одговарајућих мера у циљу одржавања захтеваног нивоа поузданости мотора, овој фази анализе треба посветити посебну пажњу.

Табела 1. Вредности времена рада до појаве отказа погонског мотора

| Редни број отказа | Пређен и пут до отказа (km) | Време рада до отказа (h) | Редни број отказа | Пређен и пут до отказа (km) | Време рада до отказа (h) | Редни број отказа | Пређени пут до отказа (km) | Време рада до отказа (h) | Редни број отказа | Пређени пут до отказа (km) | Време рада до отказа (h) |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | 1521 | 51 | 30 | 7856 | 262 | 59 | 11367 | 379 | 88 | 16783 | 559 |
| 2 | 2398 | 80 | 31 | 7857 | 262 | 60 | 11579 | 386 | 89 | 16957 | 565 |
| 3 | 2996 | 100 | 32 | 7963 | 265 | 61 | 11636 | 388 | 90 | 17200 | 573 |
| 4 | 3223 | 107 | 33 | 7976 | 266 | 62 | 11777 | 393 | 91 | 17255 | 575 |
| 5 | 3296 | 110 | 34 | 8196 | 273 | 63 | 11864 | 395 | 92 | 17269 | 576 |
| 6 | 4395 | 147 | 35 | 8296 | 277 | 64 | 11876 | 396 | 93 | 17396 | 580 |
| 7 | 4976 | 166 | 36 | 8352 | 278 | 65 | 11973 | 399 | 94 | 17725 | 591 |
| 8 | 5761 | 192 | 37 | 8469 | 282 | 66 | 11997 | 400 | 95 | 17856 | 595 |
| 9 | 5763 | 192 | 38 | 8472 | 282 | 67 | 12136 | 405 | 96 | 18263 | 609 |
| 10 | 5836 | 195 | 39 | 8763 | 292 | 68 | 12351 | 412 | 97 | 18693 | 623 |
| 11 | 5876 | 196 | 40 | 8793 | 293 | 69 | 12395 | 413 | 98 | 18742 | 625 |
| 12 | 5908 | 197 | 41 | 8967 | 299 | 70 | 12442 | 415 | 99 | 18967 | 632 |
| 13 | 5961 | 199 | 42 | 8986 | 300 | 71 | 12705 | 424 | 100 | 19176 | 639 |
| 14 | 5973 | 199 | 43 | 9020 | 301 | 72 | 13493 | 450 | 101 | 19181 | 639 |
| 15 | 5976 | 199 | 44 | 9463 | 315 | 73 | 13973 | 566 | 102 | 19376 | 646 |
| 16 | 5984 | 199 | 45 | 9563 | 319 | 74 | 14132 | 471 | 103 | 19797 | 660 |
| 17 | 6003 | 200 | 46 | 9870 | 329 | 75 | 14163 | 472 | 104 | 19814 | 660 |
| 18 | 6176 | 206 | 47 | 9892 | 330 | 76 | 14167 | 472 | 105 | 19872 | 662 |
| 19 | 6386 | 213 | 48 | 10033 | 334 | 77 | 14209 | 474 | 106 | 19947 | 665 |
| 20 | 6397 | 213 | 49 | 10132 | 338 | 78 | 14236 | 475 | 107 | 22067 | 736 |
| 21 | 6936 | 231 | 50 | 10234 | 341 | 79 | 14286 | 476 | 108 | 22136 | 738 |
| 22 | 6998 | 233 | 51 | 10271 | 342 | 80 | 14314 | 477 | 109 | 22167 | 739 |
| 23 | 7127 | 238 | 52 | 10273 | 342 | 81 | 14396 | 480 | 110 | 22736 | 758 |
| 24 | 7190 | 240 | 53 | 10311 | 344 | 82 | 14521 | 484 | 111 | 24317 | 811 |
| 25 | 7195 | 240 | 54 | 10715 | 357 | 83 | 14873 | 496 | 112 | 24394 | 813 |
| 26 | 7236 | 241 | 55 | 10805 | 360 | 84 | 15574 | 519 | 113 | 25863 | 860 |
| 27 | 7385 | 246 | 56 | 10873 | 362 | 85 | 16263 | 542 | 114 | 27683 | 923 |
| 28 | 7494 | 250 | 57 | 11126 | 371 | 86 | 16384 | 546 | 115 | 28396 | 947 |
| 29 | 7538 | 251 | 58 | 11136 | 371 | 87 | 16493 | 550 | 116 | 28421 | 948 |

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

Табела 2. Процењене вредности показатеља поузданости погонског мотора

| Редни број | Време (t _i) | Број отказа n(t _i) | Фреквенција појаве отказа f(t _i) | Поузданост R(t _i) | Непоузданост F(t _i) | Интензитет отказа λ(t _i) |
|------------|-------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 100 | 6 | 0,00522 | 0,9478 | 0,0522 | 0,00522 |
| 2 | 200 | 22 | 0,01911 | 0,7565 | 0,2435 | 0,02022 |
| 3 | 300 | 25 | 0,02171 | 0,5391 | 0,4609 | 0,02871 |
| 4 | 400 | 19 | 0,01652 | 0,3739 | 0,6261 | 0,03072 |
| 5 | 500 | 15 | 0,01301 | 0,2435 | 0,7565 | 0,03491 |
| 6 | 600 | 15 | 0,01301 | 0,1131 | 0,8869 | 0,05362 |
| 7 | 700 | 7 | 0,00609 | 0,0522 | 0,9478 | 0,05381 |
| 8 | 800 | 3 | 0,00261 | 0,0261 | 0,9739 | 0,05001 |
| 9 | 900 | 3 | 0,00261 | 0,0173 | 0,9826 | 0,10001 |

На конкретном примеру изабраног мотора F41413FR, приказаће се методологија одређивања најприхватљивијег модела одржавања погонског мотора. Вредности времена рада до појаве отказа, претходно наведеног погонског мотора, до којих се дошло праћењем у експлоатацији, дате су у табели 1. Процењене вредности показатеља поузданости мотора, до којих се дошло на основу података из експлоатације (табела 1), одређене су применом познате методологије [3] и приказане у табели 2. Примењујући познату методологију одређивања закона расподеле поузданости [3], а на основу одступања вредности теоријске расподеле од резултата процењених вредности, на основу података из експлоатације дошло се до закључка да је Рејлијева расподела поузданости најприхватљивији модел за анализирани погонски мотор.

Прихватајући овај закон расподеле поузданости изрази за одређивање поузданости, фреквенције појаве отказа, интензитета отказа и средњег времена безотказног рада могу се написати у облику:

$$R(t) = e^{-\frac{t^2}{160178}} \quad f(t) = \frac{t}{80089} \cdot e^{-\frac{t^2}{160178}}, \quad \lambda(t) = \frac{t}{80089}, \quad T = \left(\frac{\pi \cdot \sigma^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = 11760$$

На основу предходних израза могу се одредити оптималне периодичности времена рада после којих треба вршити превентивне прегледе, превентивне замене, оправке или генералну ревизију, као и оптималне вредности залиха резервних делова [3].

3. ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОДРЖАВАЊА ПОГОНСКОГ МОТОРА ПРЕМА КРИТЕРИЈУМУ МАКСИМАЛНЕ ГОТОВОСТИ

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

Табела 3 - Табеларни приказ зависности готовости мотора од периодичности превентивног одржавања

| | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Периодичност одржавања (h) | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| Време рада t_r (h) | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| Време превентивног одржавања t_p (h) | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Непоузданост F | 0,0092 | 0,0432 | 0,1042 | 0,1896 | 0,2934 | 0,4075 | 0,531 |
| Поузданост R | 0,9908 | 0,9568 | 0,8958 | 0,8104 | 0,7066 | 0,5925 | 0,4769 |
| Број корективних одржавања између два превентивна одрж. | 0,0092 | 0,0452 | 0,1163 | 0,2340 | 0,4152 | 0,6878 | 1,0969 |
| Време корективног одржавања t_k (h) | 1,61 | 7,91 | 20,35 | 40,95 | 72,66 | 120,36 | 191,95 |
| Време чекања на рад t_{cr} (h), у исправном стању | 150 | 300 | 450 | 600 | 750 | 900 | 1050 |
| Готовост G(t) | 0,8453 | 0,9031 | 0,9155 | 0,9132 | 0,9028 | 0,8854 | 0,8605 |
| $f_{1,2}$ | 0,8453 | 0,9031 | 0,9155 | 0,9132 | 0,9028 | 0,8854 | 0,8605 |

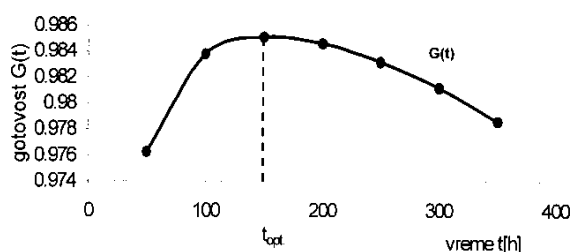
Када се од мотора тражи максимална готовост, односно расположивост, оптимизација система одржавања његових саставних делова се врши према критеријуму максималне готовости, док највећи, још увек прихватљиви трошкови одржавања представљају ограничење. За примену модела одржавања, на бази готовости, потребно је познавање закона расподеле поузданости, као и времена у раду и у отказу [3].

Вредност експлоатационе готовости може се одредити коришћењем израза [3]:

$$G(t) = \frac{t_r + t_{cr}}{t_r + t_{cr} + t_p + \frac{F(t)}{R(t)} \cdot t_k}$$

где су: t_r - време у раду; t_{cr} - време чекања на рад у исправном стању; t_p - време превентивног одржавања; t_k - време корективног одржавања.

Варирањем периодичности времена између превентивних одржавања мотора добија се функционална зависност готовости од периодичности одржавања, на основу које се може одредити периодичност одржавања која даје максималну готовост. Резултати одређивања готовости, за различите периодичности одржавања, дате су у табели 3.



Слика 1 - Приказ зависности готовости мотора од периодичности превентивног одржавања

На основу резултата приказаних у табели 3 и на слици 1 може се закључити да се највећа готовост погонског мотора добија за периодичност одржавања од 150 часова рада, при коришћењу критеријума максималне готовости.

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

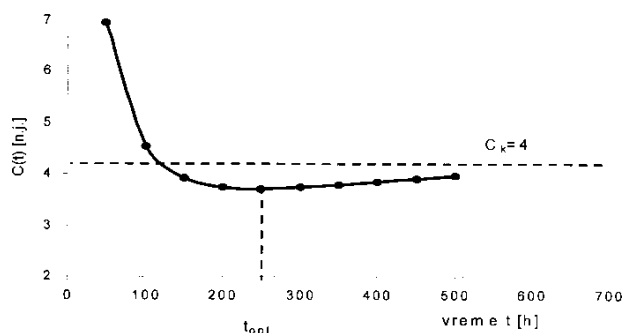
38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

4. ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОДРЖАВАЊА ПОГОНСКОГ МОТОРА ПРЕМА КРИТЕРИЈУМУ МИНИМАЛНИХ ТРОШКОВА

Применом модела оптимизације периодичности одржавања погонског мотора, према трошковима одржавања, одређује се оптимална периодичност спровођења поступака превентивног одржавања која даје најмање трошкове уз обезбеђење захтеване готовости. Стратегија превентивног одржавања и превентивних замена се примењује када је интензитет отказа растућа функција у времену и када су трошкови корективног одржавања већи од трошкова превентивног одржавања. Тада је могуће одредити оптималну периодичност

Табела 4 - Трошкови одржавања мотора за различите периодичности превентивног одржавања

| Периодичност одржавања (h) | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Трошкови корективног одржавања C_k (n.j.) | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Трошкови превентивног одржавања C_p (n.j.) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Поузданост $R(t)$ | 0,9908 | 0,9568 | 0,8958 | 0,8104 | 0,7066 | 0,5925 | 0,4769 | 0,3679 | 0,2416 | 0,1916 |
| $\int_0^T R(t)dt$ | 50 | 99,64 | 146,03 | 188,73 | 226,67 | 259,11 | 285,77 | 309,80 | 325,67 | 341,14 |
| Укупни специфични трошкови $C(t)$ (n.j.) | 41,47 | 23,54 | 19,40 | 19,22 | 18,63 | 20,30 | 21,64 | 22,78 | 24,74 | 24,83 |
| $f_{i,2}$ | 41,47 | 23,54 | 19,40 | 19,22 | 18,63 | 20,30 | 21,64 | 22,78 | 24,74 | 24,83 |



Слика 2 - Приказ зависности трошкова одржавања мотора од периодичности његовог одржавања

превентивног одржавања [3]. Трошкови одржавања могу се изразити у облику:

$$C(t) = \frac{C_k - (C_k - C_p) \cdot R(t)}{\int_0^T R(t)dt}$$

У изразу (3) ознаке имају следеће значење: $C(t)$ - укупни специфични трошкови одржавања; C_k - трошкови корективног одржавања и C_p - трошкови превентивног одржавања. Применом

израза 3, за различите периодичности превентивног одржавања погонског мотора возила, добијене су вредности трошкова одржавања, које су приказане у табели 4 и на слици 2.

На основу приказаних резултата у табели 4 и на слици 2, може се закључити да се најмањи трошкови одржавања погонског мотора добијају за периодичност одржавања од 250 часова рада.

5. ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПРЕВЕНТИВНОГ ОДРЖАВАЊА МОТОРА ПРИМЕНОМ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ

Пошто се вредности оптималне периодичности спровођења поступака превентивног одржавања анализираног мотора, према критеријуму максималне готовости и према критеријуму минималних трошкова, разликују, у овом делу рада приказани су резултати његовог одређивања применом вишекритеријумске методе оптимизације, који је у литератури познат као MCDM (Multi Criteria Decision Making) проблем [1]. Основна карактеристика MADM проблема, а самим тим и проблема који се анализира у овом раду је да се најбоља алтернатива налази у смислу више атрибута, симултано, или лимитираног скупа расположивих алтернатива.

У литератури може да се нађе већи број метода вишекритеријумске оптимизације. Једна од најчешће коришћених је аналитички хијерархијски процес – АНР (Analytic Hierarchy Process). Ова метода је развијена крајем прошлог века [1]. АНР метода је развијена на принципу доношења одлука, људском знању, као и подацима којима експерти располажу у процесу одлучивања. Процес доношења одлуке је креативан процес који је научно заснован на три главна концепта [6]: аналитика, хијерархија и процес. Природа критеријума оптималности може да буде бенефитна и трошкова [1]. Свакој разматраној алтернативи придружује се одредјена вредност [2]. Нормализација вредности f_i , 1 врши се коришћењем израза за векторску нормализацију и уз примену бенифитног критеријума оптималности. За решавање конкретног задатка могу се користити следећи изрази:

$$(f_{i,1})_n = f_{i,1} / \left(\sum_{i=1}^7 (f_{i,1})^2 \right)^{1/2} \quad (f_{i,2})_n = (1/f_{i,2}) / \left(\sum_{i=1}^7 (1/f_{i,2})^2 \right)^{1/2}$$

Вредност фактора на основу кога се одредјује најбоља алтернатива периодичности одржавања аи одредјује се коришћењем претпоставке да су важности усвојених критеријума оптимизације (максималне готовости и минималних трошкова одржавања) једнаке и да су задате нормализовано, што је случај у конкретном задатку, коришћењем израза [1]:

$$a_i = \frac{1}{k} \sqrt[k]{\prod_{k=1}^K (f_{ik})_n} = \frac{1}{2} \cdot [(f_{i,1})_n + (f_{i,2})_n]$$

Размотримо временски интервал од 50 до 350 часова рада погонског мотора зато што вредности трошкова и готовости анализираног погонског мотора у њему, имају прихватљиве вредности. Уочени временски интервал делимо на 7 једнаких делова, са кораком од 50 часова рада (табела 5).

Елементи матрице F, добијају се се тако што се изједначавањем са вредностима готовости возила, са аспекта његовог погонског мотора, за различите периоде превентивног одржавања који одговарају појединим алтернативама ($f_{i,1}$) и изједначавањем са вредностима укупних трошкова одржавања погонског мотора возила за различите периоде превентивног одржавања који одговарају појединим алтернативама ($f_{i,2}$).

На основу података добијених праћењем анализираног возила, са аспекта његовог погонског мотора, у реалним условима експлоатације, уз коришћење израза (2) за одредјивање готовости добијене су вредности елемената $f_{i,1}$ (односно готовости) матрице F, а уз коришћење израза (3) за

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

одредивање трошкова одржавања добијене су вредности елемената $f_{i,2}$ (односно трошкова одржавања) матрице F (табела 5).

Табела 5 - Готовост са аспекта погонског мотора

| Редни број алтернативе (i) | Периодичност одржавања погонског мотора (h) | Готовост возила (G) са аспекта погонског мотора | $f_{i,1}$ | $(f_{i,1})_n$ | Укупни специфични трошкови одржавања (C) | $f_{i,2}$ | $(f_{i,2})_n$ | a_i |
|----------------------------|---|---|-----------|---------------|--|-----------|---------------|--------|
| 1 | 50 | 0,8453 | 0,8453 | 0,3593 | 41,47 | 41,47 | 1,6482 | 1,0037 |
| 2 | 100 | 0,9031 | 0,9031 | 0,3839 | 23,54 | 23,54 | 2,9020 | 1,6429 |
| 3 | 150 | 0,9155 | 0,9155 | 0,3892 | 19,40 | 19,40 | 3,5303 | 1,9597 |
| 4 | 200 | 0,9132 | 0,9132 | 0,3822 | 19,22 | 19,22 | 3,5563 | 2,0301 |
| 5 | 250 | 0,9028 | 0,9028 | 0,3838 | 18,63 | 18,63 | 3,6764 | 1,9692 |
| 6 | 300 | 0,8854 | 0,8854 | 0,3764 | 20,30 | 20,30 | 3,3740 | 1,8752 |
| 7 | 350 | 0,8605 | 0,8605 | 0,3658 | 21,64 | 21,64 | 3,1651 | 1,7654 |

Најбоља алтернатива је она за коју вредност фактора a_i има највећу вредност. Вредности овог фактора, израчунате коришћењем израза (5) дате су табеле 5. На основу тих вредности и уз уважавање предходно реченог, може се закључити да је оптимална периодичност спроводјења поступака превентивног одржавања мотора, након сваких 200 часова коришћења.

6. ЗАКЉУЧАК

Резултати опсежних истраживања параметара поузданости погонског мотора, до којих се дошло праћењем његовог понашања у реалним условима експлоатације, са аспекта појаве отказа, и уз примену одговарајућих научних сазнања из области теорије вероватноће, математичке статистике, теорије система и теорије поузданости послужили су као основа за изналажење оптималне периодичности одржавања погонског мотора возила, узимајући у обзир критеријум максималне готовости и критеријум минималних трошкова одржавања.

Како се оптимална периодичност спровођења поступака превентивног одржавања, одредјена према критеријуму максималне готовости и према критеријуму минималних трошкова одржавања разликују, неопходно је применити методе вишекритеријумске анализе и одредити вредност тражене оптималне периодичности спровођења поступака превентивног одржавања, узимајући у обзир и један и други критеријум оптимизације.

Приказана методологија вишекритеријумског одлучивања може се применити за добијање поуздане вредности периодичности спровођења поступака превентивног одржавања мотора. При томе је потребна расположивост података, до којих се долази анализом мотора током његове експлоатације, на основу којих се могу одредити показатељи његове поузданости, као и карактеристике система његовог одржавања.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bass, M. S.; Kwakernak, H.: Rating and Ranking of Multiple Aspect Alternatives Using, Fuyy Sets Automatics, Vol.13, No. 1, 47-58, 1977.
- [2] Vincke, P.: Multicriteria Decision – aid, John Wiley Sons, 1992.
- [3] British Standard, BS5760, Part 2, Guide to the assessment of reliability, Reliability of systems, equipments and components, BSI, London, 1981.
- [4] Opricović, S.: Multicriteria Optimization, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1986.
- [5]