

FRI-1.202-1-MR-07

OPTIMIZING THE NUMBER OF SPARE PARTS TO MAINTAIN THE WORKABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY¹³

Eng. Ivan Ivanov, PhD stud.

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies,

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

E-mail: inivanov@uni-ruse.bg

Eng. Antoniy Antoniev, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse “Angel Kanchev”, Bulgaria

E-mail: antoniy_agro@abv.bg

Eng. Kaloyan Nikolaev, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies,

University of Ruse “Angel Kanchev”, Bulgaria

E-mail: knikolaev@uni-ruse.bg

Abstract: *By formalizing the process of restoring the working capacity of the machines as a model of a mass service system, a mathematical model is proposed for optimizing the number of spare parts when operating a park of the same type of machines. It was found that the results for 5 machines working in a group in Razgrad region is optimal to restore their working capacity from three spare elements.*

Keywords: *Maintenance, agricultural machinery, spare parts.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ефективната работа на машините зависи от организацията на снабдяване с резервни елементи за обслужване на машините по време на работа, т.е. осигуряването с резервни елементи е вероятностна задача. На проблема за определяне и оптимизиране на необходимия обем резервни части за поддържане работоспособността на машините са посветени много научни изследвания (Bekana D., 2020; Delikostov T., 2020; Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Madzov Sv., 2002; Mihov M., 1992), които отчитат различни фактори, влияещи върху техническото състояние на машините.

Цялото многообразие от модели за оптимизиране броя на резервните части за поддържане работоспособността на машините може да групираме в три основни групи: определяне броя на резервните части за осигуряване експлоатацията на машините по зададен ресурс, определяне на оптималния брой резервни части при експлоатация на машини по равнище на надеждност и определяне броя на резервни части при експлоатация на машините според техническото им състояние.

Целта на изследването е да се предложи математически модел за оптимизиране на броя на резервните елементи за поддържане на работоспособността на парк от еднотипни машини и да се апробира в практиката.

¹³ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ОПТИМИЗИРАНЕ НА БРОЯ НА РЕЗЕРВНИТЕ ЧАСТИ ЗА ПОДДЪРЖАНЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТТА НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Икономически целесъобразно съотношение брой резервни елементи, осигуряващи работоспособността на машините при работа, при който да се минимизира целевата функция:

$$S = C_{II} \cdot \lambda \cdot t_{оч} + C_a \cdot n \Rightarrow \min, \quad (1)$$

където - C_{II} - Средна загуба за един час престой на машините в състояние на чакане за резервен елемент, лв;

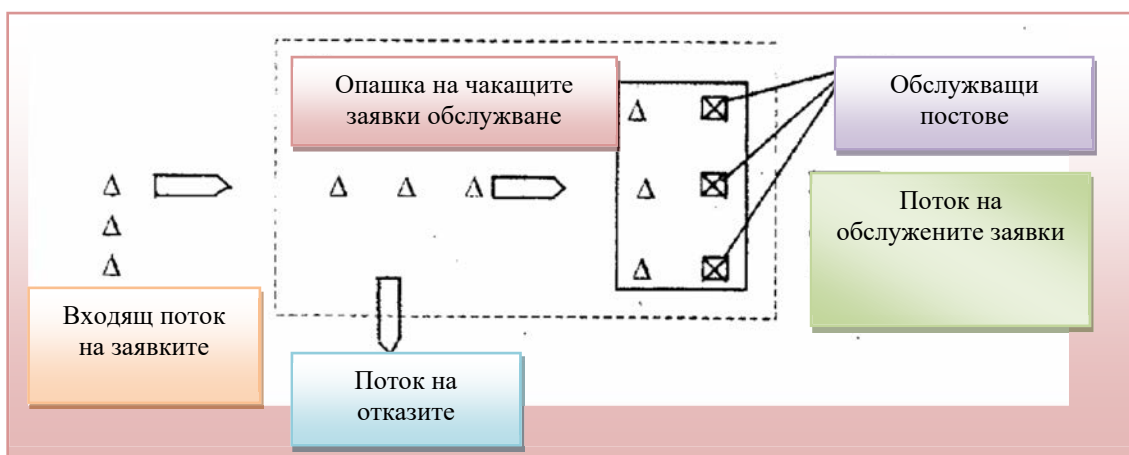
λ - средният брой заявки за обслужване за 1 час;

$t_{оч}$ - средното време за чакане на всяка заявка за обслужване, h;

C_a - часовите загуби за поддържане на една машина (сума от междинната оценка, стойността на отчисления за възстановяване и работна заплата на механизатора, лв / h;

n - броят на резервните елементи в склада на земеделската организация.

Разглеждаме процеса на снабдяване с резервни елементи и възстановяване на работоспособността на парк еднотипни машини като СМО (Bekana D., 2020; Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Madzov Sv., 2002; Mihov M., 1992; Mihov M., 2013; Tasev G., 2019) (фиг. 1).



Фиг. 1. Граф на състоянието на СМО

При работа на машините в група постоянно възникват заявки за обслужване при отказ на елемент и след подаване на заявка за резервен елемент и удовлетворяването ѝ работоспособността на машината се възстановява и тя е отново потенциален източник за заявка за резервни елементи.

По такъв начин, системата „машина-резервни елементи“ се разглежда като система за масово обслужване, в която средно възниква λ заявка за обслужване за единица време.

В същото време всеки канал за обслужване (резервни елементи) е способен да удовлетвори μ заявка за единица време.

Приемаме, че потока заявки е прост (пуасонов) поток, който е ординарен, стационарен и без последствия (Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Madzov Sv., 2002; Tasev G., 2019; Valov, N., Valova, I. 2017).

Интензивността на потока заявки е λ , а пропускателната способност на канала за обслужване е μ . Тогава средният брой машини, чакащи да бъдат обслужени с резервни елементи m_s . (Bekana D., 2020; Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Nikolov M., 2015; Nikolov M., 2019; Nikolov M., 2021; Tasev G., 2019):

$$m_s = \frac{\frac{\psi^{n+1}}{n!n\left(1-\frac{\psi}{n}\right)^2}}{\sum_{k=0}^n \frac{\psi^k}{k!} + \frac{\psi^{n+1}}{n!(n-\psi)}} \quad (2)$$

където $\Psi = \lambda t_{\text{обс.}}$, а $t_{\text{обс}}$ средното време за чакане на заявки за начало на обслужване.

Броят на престояващите машини се определя по зависимостта:

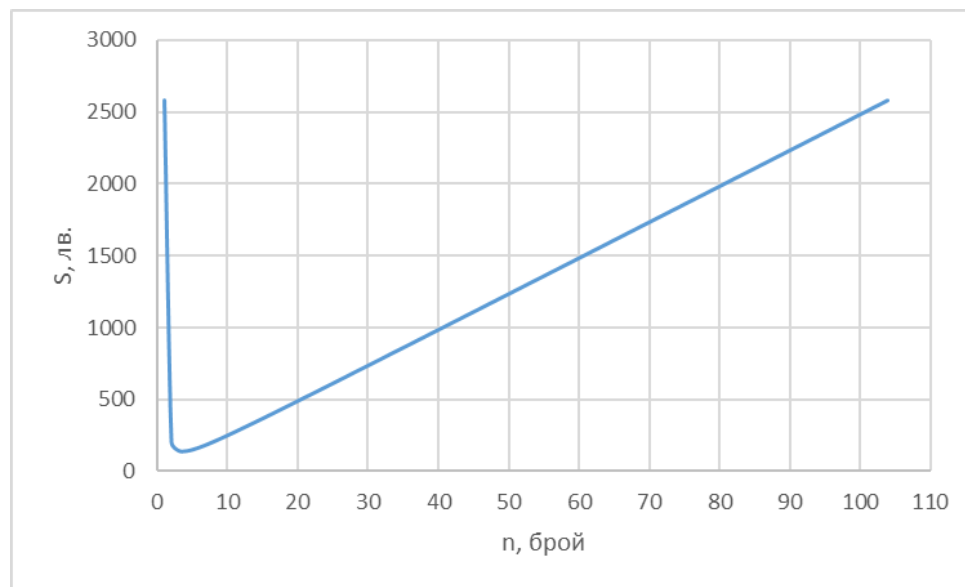
$$n_z = n - \Psi. \quad (3)$$

Предложеният модел е апробиран с реални данни за земеделска кооперация в района на Разград табл. 1.

Таблица 1. Изходна информация за оптимизиране броя на резервните елементи

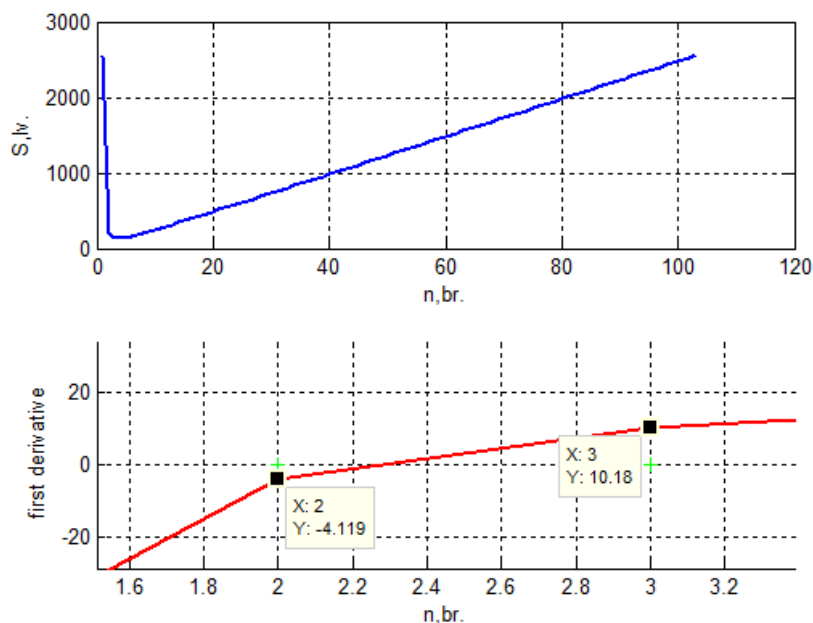
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ms	12,889	0,866	0,448	0,302	0,228	0,183	0,153	0,131	0,115	0,102
n _z	0,072	1,072	2,072	3,072	4,072	5,072	6,072	7,072	8,072	9,072
S	2579,6	199,9	141,4	137,2	147,4	163,4	182,4	203,0	224,8	247,3

На фиг. 2. е представена графика на функцията, описваща зависимостта $S=f(n)$, където S са загубите от престой на обслужващите машини, а n е броят на резервните елементи в склада.



Фиг. 2. Характеристика на зависимостта, описваща сумарните разходи (S) в зависимост от броя на резервните елементи (n).

От фиг. 3 се вижда, че инфлексната точка се намира в областта на пресичане на нулевата ос от първата производна на функцията $S=f(n)$ в интервала $n=[2, 3]$.



Фиг.3 Първа производна на функцията $S=f(n)$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Процесът на възстановяване на работоспособността на машините е формализиран като модел на система за масово обслужване.
2. Предложен е математически модел за оптимизиране на броя на резервните елементи при работа на парк еднотипни машини.
3. Резултатите за 5 машини, работещи в група в Разградска област е оптимално да се възстановява работоспособността им от три резервни елемента.

REFERENCES

- Bekana D. (2020) Optimizing the maintenance of agro-industrial equipment, Academic Publishing House University of Ruse, p. 130, ISBN 978-954-712-800-2, **(Оригинално заглавие:** Бекана Д. (2020) Оптимизиране поддържането на аграрно-индустриалната техника, Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 150, ISBN 978-954-712-800-2).
- Delikostov T., (2020) Management of fuel combustion of internal combustion engines from agricultural and tractor equipment by maintaining the food system. Scientific Monograph. Ruse, Academic Publishing House University of Ruse, p.136, ISBN 978-954-712-799-9. **(Оригинално заглавие:** Деликостов Т. (2020) Управление разхода на гориво на ДВГ от земеделската и автотракторна техника чрез поддържане на хранителната система – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, р.136, ISBN 978-954-712-799-9).
- Madzov Sv., (2002), Reliability Study on Censored Samples, Sb. Dokladi “Mladi ucheni 2002“, Sofia, Avangard Prina, pp.22-23, ISSN 1314-4669 **(Оригинално заглавие:** Маджов Св. Изследване на надеждността по цензурирани извадки. Сб.доклади „Млади учени 2002“, София, Авангард Прима стр. 22-23, ISSN 1314-4669)
- Marinov S., O Alipiev, T Uzunov. (2019) Interference of the profiles when meshing internal straight splines with gear shapers. MATEC Web of Conferences, No 287, 01015.
- Mihov M., (1992), Study of the resource of tractor elements in operational conditions // Agricultural machinery, № 4-8, pp.77-84, ISSN 0037-1718 **(Оригинално заглавие:** Михов М. (1992) Изследване ресурса на елементите на тракторите в експлоатационни условия. Сп. “Селскостопанска техника”, N4-8, с.77-84. ISSN 0037-1718)

Mihov M., (2013), Mathematical model for optimization of the operation of service machines during harvesting // Mechanization of agriculture, № 6, pp. 11-13, ISSN 0861-9638 (**Оригинално заглавие:** Михов М., (2013), Математически модел за оптимизиране на работата на обслужващите машини при прибиране на продукцията, сп. Механизация на земеделието, № 6, стр.11-13, ISSN 0861-9638)

Nikolov M., (2021), Statistical distribution of the details from agricultural machinery made from cast iron.//Proceedings of university of Ruse - 2021, vol. 60, book (1.1), 49-55, ISSN: 1311-3321

Nikolov M, (2019) Rebuilding Overlaid Coatings Obtained Through Vibrating Arc Overlaying Process in an Atmosphere of Shielding Gas and its Mixtures - Scientific Monograph, Academic Publishing House University of Ruse, p. 144. ISBN 978-954-712-756-2 (**Оригинално заглавие:** Николов М. (2019), Възстановителни вибрационни покрития в защитни газове и техните смеси - научна монография, Русе: Академично издателство „Русенски университет, p. 144, ISBN 978-954-712-756-2).

Nikolov, M. (2015), Research on the impact of amplitude of vibrations on electrical parameters of vibroarc weld overlay in argon.//Acta Technologica Agriculturae, vol. 18(2), pp. 46-48, ISSN 1335-2555, DOI: 10.1515/ata-2015-0010

Tasev G., (2019), Models and methods for the development of spare parts regulations and stock management, Sofia, Avangard Prina, p. 280, ISBN 978-619-239-228-4 (**Оригинално заглавие:** Тасев Г. (2019), Модели и методи за разработване на нормативи за резервни части и управление на запаса. София, Авангард Прима, с. 280, ISBN 978-619-239-228-4)

Valov, N., Valova, I. (2017) Drying process management laboratory with remote access. International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2017, doi:10.1109/ITHET.2017.8067800.

Valov, N., Valova, I. (2020) Home automation system with Raspberry Pi. International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, doi:10.1109/EEAE49144.2020.9278998.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 2024-АИФ-02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.