

FRI-1.202-1-MR-06

INVESTIGATION OF A PROBABILITY METHOD FOR DEVELOPMENT OF SPARE PARTS INVENTORY¹²

Prof. Mitko Nikolov, DSc

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

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

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

Abstract: It was found that with an increase in the normalized workmanship t_0 , the characteristic of failure distribution (flow characteristic) $H_i(t_0)$ increases, and this increase is more intense with low repair quality or the reduction factor of the average life between repairs of use (q), and with an increase in the level of quality (q) this intensity is significantly less, and with a constant coefficient of repair quality or the coefficient of reduction of the average inter-repair period of use (q), but with an increase in the values of b_2 (coefficient of variation of new item fabrication) at a given normalized fabrication (t_0) failure flow characteristic decreases.

Keywords: Probabilistic methods, spare parts, failures intensity inventory

ВЪВЕДЕНИЕ

Установено е, че с увеличаване на нормираната изработка t_0 се увеличава характеристиката на потока на отказите $H_i(t_0)$, като това нарастване е с по-голяма интензивност при ниско качество на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), а при повишаване на равнището на качеството (q) тази интензивност е значително по-малка, а при постоянен коефициент на качеството на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), но с увеличаване на стойностите на b_2 (коефициент на вариация на изработката на новите елементи) при дадена нормирана изработка (t_0) характеристиката на потока на отказите намалява.

На въпроса за определяне на нормите на разход на резервни части се отделя голямо внимание, обаче досега няма стройна класификация на методите и моделите. Многообразието от методите, моделите и подходите за решаване се обяснява с много причини, но най-важните от тях са: наличието на различни области за използване на методите (при проектиране, експлоатация и ремонт, планиране и разпределение); използването на различен математически апарат (в частност, теория на надеждността, теория на възстановяването, теория на масовото обслужване, теория на прогнозирането и т.н.); използването на различни източници на информация (вероятностно-статистически модели за оценка ресурса на детайлите; резултати от микрометриране на детайлите, постъпващи за основен ремонт; данни за надеждността на машините при изпитване и експлоатация и т.н.) (Bekana D., 2020; Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Nikolov M., 2019; Nikolov M., 2021).

Основните методи за разработване на норми за резервни части са показани на фиг. 1., но те непрекъснато се усъвършенстват

¹² Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТЕН МЕТОД ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА ЗАПАСИТЕ ОТ РЕЗЕРВНИ ЕЛЕМЕНТИ.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Средно-статистическият метод се прилага за машини, които продължително време са в експлоатация. По този метод средният разход на резервни елементи от j -тия вид за една година от изследваният период, отнесен за 100 машини, се приема за основа на създадената норма.



Фиг. 1. Методи за разработване на норми за резервни части

Известният в литературата **математико-статистически метод** на експертните оценки досега не е използван за разработване на нормативи, но от направеният анализ и изследване на неговите възможности смятаме, че може да се използва.

Когато има възможност да се организира и проведе експериментално изследване за определяне на показателите на надеждност на елементите на машините, е за предпочитане да се използва вероятно-статистическият метод. Една много голяма част от моделите за разработване на норми за резервни части на машини са изградени на основата на теоретичните постановки дадени в теорията на възстановяването, а други представляват до развитие и усъвършенстване на едни или други страни.

От анализът на чуждия опит показва, че в страните с пазарна икономика организационно производство, снабдяването с машини и резервни части, сервизът и продажбата на техника в земеделието са свързани в едно цяло. Всички от производителя до потребителя на земеделска техника са заинтересовани машините да се поддържат през целия експлоатационен срок в работоспособно състояние.

В тази ситуация вероятно-статистическите модели за определяне на необходимия фонд от резервни елементи за поддържане на работоспособността на машините отразяват най-точно процесите на стареене и изменение на техническото състояние на елементите, а от там и нормативите за резервни елементи, които са разработени на тяхна основа, отразяват най-добре потребностите от тях за възстановяване работоспособността на техниката в земеделието.

За използване на вероятностните модели е необходимо да се изследва равнището на надеждността на елементите на машините. В страните с пазарна икономика изпитването на елементите (агрегати и възли) на машините се извършва от фирмата-производител, а информацията за надеждността на машините в сферата на експлоатация - от дилърската мрежа на фирмата.

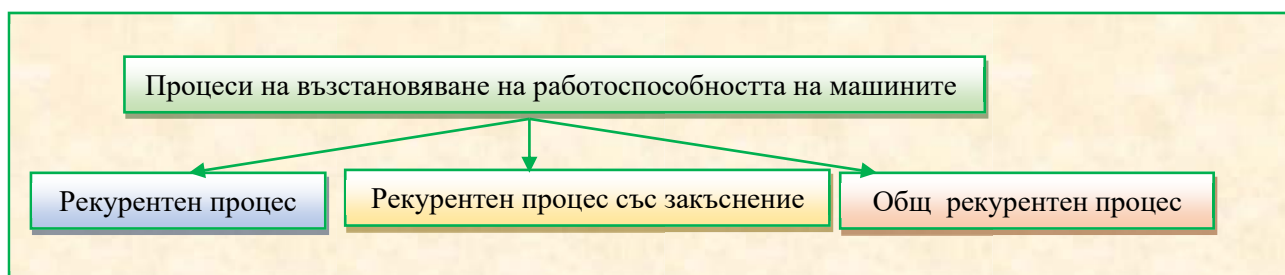
При разглеждане теоретичните основи на процеса на възстановяване предполагаем, че замяната на елементите се извършва мигновено, т.е. времето за замяна е много малко. Допускаме, че изработката до отказ на елемента е t_1' , а времето за възстановяване на работоспособността му е t_1^n ; възстановения елемент работи до момента t_2' , а работоспособността му се възстановява за време t_2^n и т.н.

Следователно, замяната не става мигновено, а отнема известно крайно време. По-общо ще предположим, че времето необходимо за замяна на един елемент, е случайно. В това време ще включваме времетраенето на всички необходими мероприятия, свързани със замяната на един елемент с друг. Тук имаме предвид времето за демонтаж, ремонт (ако не се заменя с нов елемент), монтаж и др.

Полученият по този начин процес при положение, че случайните величини t'_i и t'_j са независими, се нарича процес на възстановяване с крайно време. Или, случайните величини t'_i и t'_j може да се разглеждат условно като два вида елементи с изработка до отказ $\{t'_i\}$ и $\{t'_j\}$ и плътности на разпределение $f_i(t')$ и $f_j(t')$. Процес на възстановяване, който започва с нов елемент от първи тип и всеки отказал елемент се заменя с елемент от противоположен тип, се нарича алтерниращ процес.

Нека отначало разгледаме поредицата от моменти на отказите на елементите от втори вид. Първият отказ на елемента от този вид е в момента $t'_1 + t''_1$, а вторият - в момента $(t'_1 + t''_1) + (t'_2 + t''_2)$ и т.н. По такъв начин, редица от моментните на отказите на елементите от втория вид образуват рекурентен процес на възстановяване (фиг. 2), при който всяка изработка до отказ е сума от изработката до отказ на първия и втория елемент.

Рекурентният процес със закъснение е при условие, че изработката до отказ или ресурсът на използваните елементи като резервни е по-малка от изработката или ресурса на новите елементи, а общият рекурентен процес е когато използваните резервни елементи имат различна изработка от новите, но и различни между използваните резервни елементи през експлоатационния срок на машините (Bekana D., 2020; Nikolov M., 2019; Nikolov M., 2021).



Фиг. 2. Класификация на процесите за възстановяване на работоспособността на машините и определяне на характеристиката на потока на отказите (Nikolov M., 2019)

За общ рекурентен процес на възстановяване, когато ресурсът на новите и възстановените елементи е разпределен по Вейбулов закон, може да се използва израз (Bekana D., 2020; Spiridonov G., G. Tasev, 1981):

$$H_0(t_0) = (t_0 - 1)q + 0,5 + 0,1b_2 + 0,4b_2^2 \quad (1)$$

където $H_i(t_0)$ е характеристиката на потока на отказите при нормирана изработка, t_0 ;

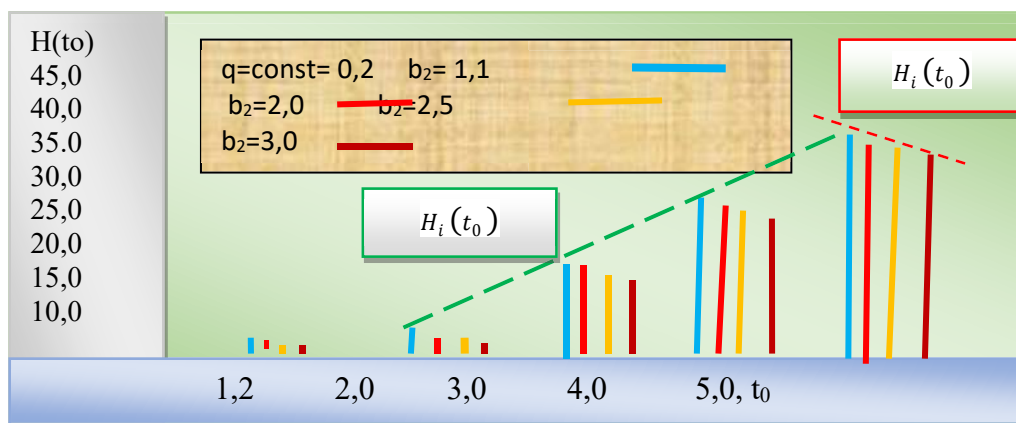
$$t_0 = \frac{t}{t_g} \text{ - нормираната изработка;}$$

$$q = \frac{t_M}{t_g} \text{ - коефициентът на качеството на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междурементен срок на използване;}$$

$$t_g, t_M \text{ - доремонтният и междурементният срок на използване;}$$

$$b_2 \text{ - параметърът на формата на закона за разпределение на междурементния ресурс на елементите.}$$

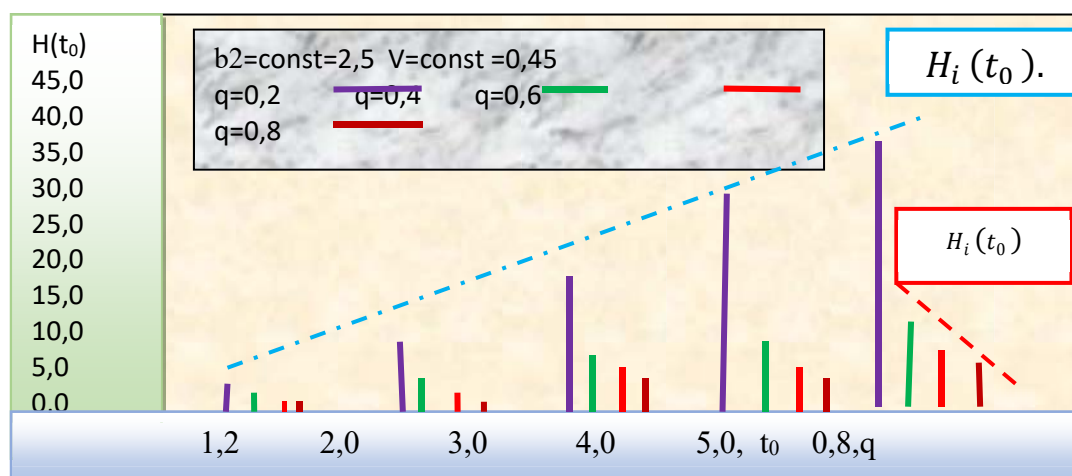
Обект на нашето изследване е влиянието на параметрите на модела (1) върху характеристиката на потока на отказите при нормирана изработка $H_i(t_0)$.



Фиг. 3. Характер на изменение на характеристиката на потока на отказите при разпределение на изработката по Вейбулов закон на разпределение и $q=\text{const}$

От анализа на графичните зависимости на фиг. 3 следва, че с увеличаване на нормираната изработка t_0 се увеличава характеристиката на потока на отказите, при постоянен коефициент на качеството на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), но за различни стойности на b_2 при дадена нормирана изработка (t_0) с увеличаване на b_2 характеристиката на потока на отказите намалява, т.е. с намаляване на коефициента на вариация на изработката до отказ намалява и характеристиката на потока на отказите, $H_i(t_0)$.

Информацията за изменение на характеристиката на потока на отказите при разпределение на изработката по Вейбулов закон на разпределение и $b_2=\text{const}$, която е представена на фиг. 4 показва, че характеристиката на потока на отказите $H_i(t_0)$ при нормирана изработка нараства с увеличаване на нормираната изработка (t_0) като това нарастване е с по-голяма интензивност при ниско качество на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), а при повишаване на равнището на качеството (q) тази интензивност е значително по-малка. Това заключение се потвърждава още по-видимо при $q = 0,4 - 0,8$.



Фиг. 4. Характер на изменение на характеристиката на потока на отказите при разпределение на изработката по Вейбулов закон на разпределение и $b_2=\text{const}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установено е, че с увеличаване на нормираната изработка t_0 се увеличава характеристиката на потока на отказите $H_i(t_0)$, при постоянен коефициент на качеството на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), но с увеличаване на стойностите на b_2 (коефициент на вариация на изработката на новите елементи) при дадена нормирана изработка (t_0) характеристиката на потока на отказите намалява.

2. Доказано е, че характеристиката на потока на отказите $H_i(t_0)$ при нормирана изработка нараства с увеличаване на нормираната изработка (t_0) като това нарастване е с по-голяма интензивност при ниско качество на ремонта или коефициентът на намаляване на средния междуремантен срок на използване (q), а при повишаване на равнището на качеството (q) тази интензивност е значително по-малка.

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).**

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.

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, р. 144, ISBN 978-954-712-756-2).**

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.

Spiridonov G., G. Tasev. Theoretical and applied aspects of the repair and maintenance of agricultural machinery. - Ruse, 1981, 334p **(Оригинално заглавие: Спиридонов Г., Г. Тасев. Теоретико-приложни аспекти на ремонта и поддържането на селскостопанската техника.- Русе, 1981, 334с.).**

Tasev G. (2019), Models and methods for developing standards for spare parts and stock management, Sofia, p125, 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, с125, ISBN 978-619-239-228-4).**

Tasev G., M. Mihov, St. Madzhov, (2021), Theoretical foundations of reliability, Sofia, p. 553, ISBN 978-619-239-565-0, **(Оригинално заглавие: Тасев Г., М. Михов, Св. Маджов, (2021), Теоретични основи на надеждността, София, с. 553, ISBN 978-619-239-565-0).**

Tasev G. ed all (2022), Statistical methods for the analysis of experimental results of scientific research in agriculture and forestry, Sofia, p. 639 ISBN 978-619-239-741-8, **(Оригинално заглавие: Тасев г. и др. (2022), Статистически методи за анализ на експерименталните резултати от научните изследвания в земеделието и горите, София, с. 639 ISBN 978-619-239-741-8).**

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.