

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОДИЗЕЛІ

Журавель Д.П., акад. МААО, д.т.н., доц.

Бондар А.М., к.т.н., ст. викл.

Паніна В.В., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет

м. Мелітополь, Україна

Тел. (061) 42-25-85

e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

Анотація. Нестабільність функціонування або відмова працездатності сільськогосподарської техніки призводить до її простоїв і, як наслідок, недотримання агростроків, зменшення продуктивності і врожайності. Сучасна мобільна сільськогосподарська техніка являє собою складні енергонасичені комплекси, працездатність яких залежить від надійності їх окремих агрегатів, зокрема двигунів. Працездатність дизельних двигунів, в свою чергу, визначається технічним станом його складових частин, у тому числі паливної системи, більше 50% відмов якої пов'язані із неякісними показниками дизельного пального. Це призводить до прискореного зносу не тільки сполучень паливної системи, але і деталей дизельного двигуна в цілому.

Розроблені і досліджені математичні моделі надійності дизельного двигуна при експлуатації як мінеральному, так і на біодизельному пальному. Приведені результати досліджень математичних моделей експлуатаційної надійності функціональних систем дизельного двигуна трактора. Зниження ймовірностей безвідмовної роботи дизельного двигуна на біологічних пальних складає 10,6% по відношенню до роботи на мінеральних пальних. Таке зниження ресурсу елементів і функціональних систем дизельного двигуна при роботі на біологічних пальних, пояснюється активною дією метанолів на матеріали усіх елементів паливної системи і системи змащення, що призводить до руйнування поверхонь і збільшення зносу деталей сполучень.

Ключові слова. Математичні моделі, дизельний двигун, паливна система, надійність, імовірність безвідмовної роботи, біодизельне пальне, функціональні системи.

Постановка проблеми. За останні роки промисловість України освоїла і запропонувала сільськогосподарським товаровиробникам понад 500 найменувань нових машин. На жаль, нова техніка, як і стара, має низьку надійність. Наробіток на відмову вітчизняних тракторів і комбайнів становить лише 16...25 мото-годин, тоді як зарубіжна техніка має надійність на порядок вищу[1].

Рентабельність сільськогосподарського виробництва залежить від довговічності вузлів і агрегатів машин в залежності від середовища роботи та умов експлуатації. Зменшення кількісного складу машино-тракторного парку та зниження рівня його технічної готовності призвело до збільшення в 1,5...2,5 рази навантаження як на трактори, так комбайни. Кількість тракторів, комбайнів, що виключаються з експлуатації, перевищує кількість закупленої техніки. Збільшення навантаження на техніку спричиняє розтягування строків виконання робіт і втрат урожаю.

Забезпечити стабілізацію кількісного складу машино-тракторного парку в найближчий період можливо за рахунок відновлювальних ремонтів наявної техніки і її модернізації. Основним шляхом вирішення цього завдання є підтримання високого рівня технічної готовності машин в умовах рядової експлуатації за рахунок підвищення надійності техніки при відповідному діагностуванні, технічному обслуговуванні, оперативному усуненні несправностей та ремонті.

Одним із напрямків зменшення експлуатаційних витрат є забезпечення умов використання альтернативного дизельного пального з рослинної сировини.

Створення цих умов потребує подальшого дослідження процесів впливу біодизельного пального на функціональні характеристики і надійність машинно-тракторних агрегатів (МТА) та їх сполучень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у підвищення надійності сільськогосподарської техніки, у тому числі і дизельного двигуна як складової її

частини внесли багато вчених[1]. Однак єдиного методологічного підходу до оцінки надійності функціональних систем дизельних двигунів сільськогосподарської техніки при експлуатації на біодизелі не має[2-5]. Тому в даній роботі наведено обґрунтування оцінювання надійності дизельного двигуна при експлуатації на різних видах паливних.

Мета досліджень. Обґрунтування методології оцінювання надійності дизельних двигунів при експлуатації на різних видах паливних.

Основна частина. Дослідженнями встановлено, що найменш надійною функціональною системою трактора є двигун.

Якщо прийняти за основу методичний підхід про визначальний вплив на загальну безвідмовність роботи трактора найменш надійної його ланки, тобто двигуна, то імовірність безвідмовної роботи його можна подати у вигляді: Стосовно нормального розподілу випадкових величин наробітку на відмову функція імовірності безвідмовної роботи приймає вид[1]:

$$P(t)_M = \left[1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t_n - \bar{t}_n)^2}{2\sigma^2}} dt \right] \cdot \prod_{j=2}^m P(t)_j^{1/m} \quad (1)$$

де t_n – наробіток на відмову найслабшого вузла;

\bar{t}_n – середнє значення наробітку на відмову;

σ – середнє квадратичне відхилення наробітку;

j – інші складові машини від $j = 2$ до $j = m$;

m – кількість агрегатів і систем.

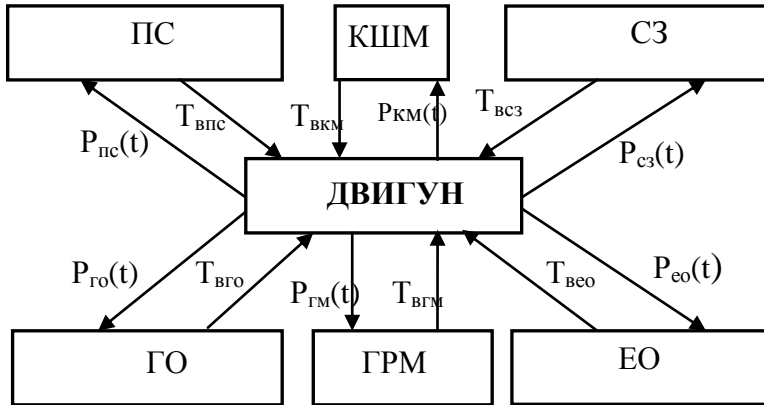
$$P(t)_j = \left[1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t_j - \bar{t}_j)^2}{2\sigma^2}} dt \right] \quad (2)$$

Якщо випадкові величини наробіток на відмову підпорядковуються закону розподілу Вейбулла, то наведені показники визначаються за формулою:

$$P(t)_M = \left(e^{-\frac{t^k}{t}} \right) \cdot \prod_{j=2}^m P(t)_j^{1/m} \quad (3)$$

де k – параметр розподілу закону,

$$P(t)_j = e^{-\frac{t_j^k}{t}} \quad (4)$$



$P_{пс}(t)$, $P_{км}(t)$, $P_{сз}(t)$, $P_{ео}(t)$, $P_{гм}(t)$, $P_{го}(t)$ – імовірність безвідмовної роботи відповідно: паливної системи, кривошипно-шатунного механізму, системи змащення, електрообладнання, газорозподільного механізму, гідрообладнання;

$T_{вму}$, $T_{вд}$, $T_{вкч}$, $T_{всо}$, $T_{втр}$, $T_{вго}$ – тривалість усунення відмови, відповідно: паливної системи, кривошипно-шатунного механізму, системи змащення, електрообладнання, газорозподільного механізму, гідрообладнання.

Рисунок 1 - Імітаційна модель надійності функціональних систем дизельного двигуна трактора

Тривалість усунення відмов визначаємо згідно виразу:

$$T_{\text{в}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_{\text{в}i} \quad (5)$$

де n – кількість відмов, виявлених і усунених;

$t_{\text{в}i}$ – час усунення відмов, год.

З врахуванням $T_{\text{в}}$ коефіцієнт готовності знаходимо за формулою:

$$T_z = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{в}}} \quad (6)$$

де T_p – тривалість основної роботи, год.

Системний підхід і математичне моделювання дають можливість найбільш логічно і повно сформулювати основні напрямки підвищення надійності сільськогосподарської техніки протягом всього часу її використання.

Базуючись на запропонованому методичному підході, гарантовану імовірність (виражену у відсотках того), що трактор не досягне граничного стану протягом наробітку T_{py} визначаємо за залежністю:

$$\gamma_{\text{mp}} = 100 P(T_{\text{pyd}}) \prod_{j=2}^m P(T_{\text{py}j})^{\frac{1}{m}} \quad (7)$$

де $P(T_{\text{pyd}})$ – імовірність того, що двигун трактора не досягне граничного стану протягом наробітку T_{pyd} ;

$T_{\text{py}j}$ – імовірність того, що j - й агрегат (система) не досягне граничного стану протягом наробітку $T_{\text{py}j}$;

m – кількість агрегатів (систем) трактора, що враховуються при оцінці надійності.

$j = 2, 3, \dots, m$.

Відремонтований дизельний двигун повинен забезпечувати безвідмовну роботу із заданою імовірністю та забезпечувати γ – відсотковий ресурс, передбачений нормативною документацією.

Дизельний двигун можна подати, як комплекс функціональних систем, що мають самостійні ресурси, тобто: кривошипно-шатунний механізм, система змащення, паливна система, електрообладнання, система запуску газорозподільний механізм, що впливають на працездатність двигуна.

Ймовірності безвідмовної роботи систем дизельного двигуна при роботі на мінеральних та біологічних паливних наведені на рис 2 і 3.

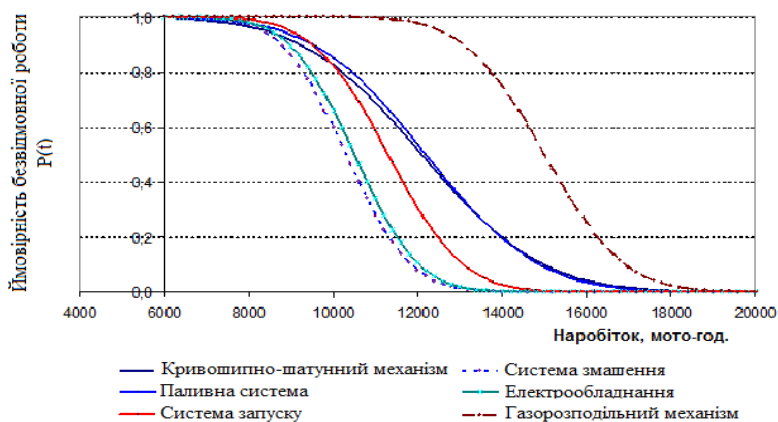


Рисунок 2 - Ймовірність безвідмовної роботи дизельного двигуна при роботі на мінеральному пальному

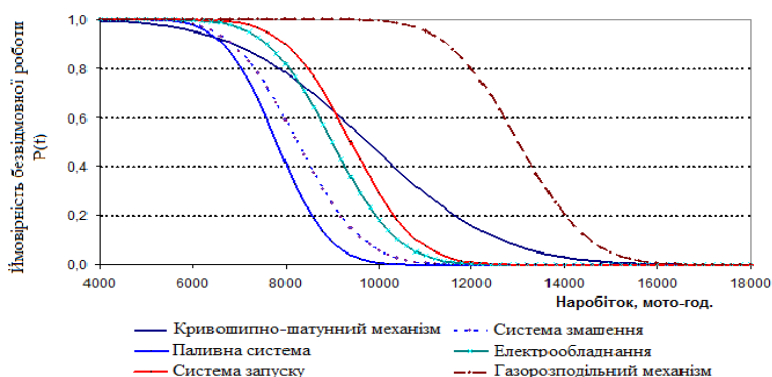


Рисунок 3 - Ймовірність безвідмовної роботи дизельного двигуна при роботі на біологічному пальному

Висновки. Однією з причин, що викликають погіршення технічного стану двигуна, а отже, і надійності, є знос деталей. Встановлено, що найбільш слабкою ланкою дизельного двигуна при експлуатації на біодизельному пальному є паливна система. Підвищення кислотності пального призводить до збільшення корозійного зносу плунжерних пар паливного насосу високого тиску (ПНВТ), руйнуванню гумотехнічних виробів і збільшенню відкладень. Продукти згоряння пального, які включають сірчастий і сірчаний ангідриди, проникають через нещільності циліндро-поршневої групи в картер, де утворюють з водою сірчану і сірчисту кислоти. Змішуючись з оливою, кислоти погіршують її якість, особливо антикорозійні властивості, що призводить до швидкого старіння. В результаті дії сірчистих продуктів на картерну оливу утворюються смолисті з'єднання, які в подальшому утворюють нагар. Відкладення лаку в зоні поршневих кілець призводить до їх закоксування і заклинювання. Сірчисті з'єднання призводять також до збільшення відкладень на фільтрах тонкого і грубого очищення. Застосування біодизельних паливних для сільськогосподарської техніки дасть змогу підвищити довговічність вузлів і агрегатів функціональних систем при зниженні агресивності, схильності до полімеризації і задоволенні інших експлуатаційних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Молодик М.В.* Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин в сільському господарстві / М.В. Молодик / Кіровоград: КОД, 2009. – 180 с.
2. *Журавель Д. П.* Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3(31). – С.66-71. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).
3. *Журавель Д. П.* Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ / Д. П. Журавель // Енергозабезпечення технологічних процесів

в агропромисловому комплексі України : матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – С. 8 -10.

4. *Журавель Д. П.* Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Сучасні проблеми землеробської механіки : збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. – Суми, 2016. – С. 163 - 164.

5. *Журавель Д. П.* Підвищення ефективності експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки при використанні біопаливо-мастильних матеріалів / Д. П. Журавель / Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017: збірник тез доповідей XIII Міжнародної наукової конференції / НУБіП. – К., 2017. – С. 155 - 156.

BIBLIOGRAPHY

1. Molodik MV Scientific basis of the system of maintenance and repair of machines in agriculture / MV Molodok / Kirovograd: KOD, 2009. - 180 p.

2. Zhuravel, D.P. Methodology for assessing the reliability of mobile agricultural machinery during operation on different types of fuel and lubricants / D.P. Zhuravel // Bulletin of the Sumy National Agrarian University / SNAU. - Sumy, 2016. - Vip. 10/3 (31). - P.66-71. - (Mechanization and automation of production processes).

3. Zhuravel DPP Methodology for ensuring the reliability of mobile technology when using biological TSC / D.P. Zhuravel // Energetic supply of technological processes in the agro-industrial complex of Ukraine: Mater. VI International Sci.-Tech. conf. / TDAU - Melitopol, 2015. - p. 8 -10.

4. Zhuravel, D.P. Providing the reliability of mobile agricultural machinery when operating on various types of fuel and lubricants / D.P. Zhuravel // Modern problems of agricultural mechanics: a collection of abstracts of reports of the XVII international scientific conference / SNAU. - Sumy, 2016. - P. 163 - 164.

5. Zhuravel D.P. Improving the efficiency of mobile agricultural machinery using biofuels and lubricants / D.P.

Zhuravel / Rational use of energy in technology. TechEnergy 2017: A collection of abstracts of the XIII International Scientific Conference / NUBiP. - K., 2017. - P. 155 - 156.

METHODOLOGY OF EVALUATION OF RELIABILITY OF DIESEL ENGINES AT BIODIZEL OPERATION

D.P. Zhuravel, A.M. Bondar, V.V. Panina

Summary

Instability of the functioning or refusal of the efficiency of agricultural machinery leads to its downtime and, as a consequence, non-compliance with agrostates, reducing productivity and yield. Modern mobile agricultural machinery is a complex energy-intensive system, the performance of which depends on the reliability of their individual units, in particular engines. The efficiency of diesel engines, in turn, is determined by the technical state of its components, including the fuel system, with more than 50% of failures associated with poor quality diesel fuel. This leads to accelerated wear, not only combinations of the fuel system, but also the parts of the diesel engine as a whole.

The mathematical models of reliability of a diesel engine during operation both on mineral and on biodiesel fuel have been developed and investigated. The results of researches of mathematical models of operational reliability of functional systems of a diesel engine of a tractor are resulted. The reduction of the probability of a fail-safe operation of a diesel engine on biological fuels is 10.6% in relation to work on mineral fuels. Such a decrease in the resource of the elements and functional systems of the diesel engine when working on biological fuels, due to the active action of methanol materials on all elements of the fuel system and lubrication system, which leads to the destruction of surfaces and increase wear of the components of combinations.

Key words: mathematical models, diesel engine, fuel system, reliability, probability of failure-free operation, biodiesel fuel, functional systems.